สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็ก

ECONO POWER CAR

นายเสริมศักดิ์ ยั่งยืน
นายสิทธิชัย เกื้อเดช
นายสิทธิเดช เสียมไหม
นายไสว มะลิชัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42450
วัน, เดือน, ปี 23 พ.ค. 2545
.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็ก
ECONO POWER CAR

โดย

นายเสริมศักดิ์ ยั่งยืน

นายสิทธิชัย เกื้อเดช

นายสิทธิเดช เสียมไหม

นายไสว มะลิชัง

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.อัครเดช สินธุภัค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง รถยนต์ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็ก

Econo Power Car

ผู้จัดทำ

1.นายเสริมศักดิ์ ยั่งยืน รหัสประจำตัว 41013519

2.นายสิทธิชัย เกื้อเดช รหัสประจำตัว 41013490

3.นายสิทธิเดช เสียมไหม รหัสประจำตัว 41013491

4.นายไสว มะลิชัง รหัสประจำตัว 41013492

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. อัครเดช สินธุภัค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถยนต์ประหยัดน้ำมันเพลิงขนาดเล็ก

นายเสริมศักดิ์ ยั่งยืน 41013519
นายสิทธิชัย เกื้อเดช 41013490
นายสิทธิเดช เสียมไหม 41013491
นายไสว มะลิชัง 41013492
รศ. อัครเดช สินธุภัค อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ เป็นการศึกษา ออกแบบและจัดสร้างรถยนต์ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็ก โดยการนำเครื่องยนต์ 4 จังหวะขนาดเล็กเป็นเครื่องต้นกำลัง และพิจารณาถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ได้แก่โครงสร้างรถยนต์,ระบบส่งถ่ายกำลังและการปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยเน้นการปรับแต่งเครื่องยนต์ ให้มีสมรรถนะสูงที่รอบความเร็วต่ำ เพื่อส่งผลให้การสิ้นเปลืองน้ำมันน้อยที่สุด และโครงสร้างของรถยนต์ทำจากเหล็กที่เบาและราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Econo Power Car

Sermsak Yungyean 41013519
Sittichai Kuadej 41013490
Sittidet Siammai 41013491
Sawai Malichang 41013492
Assoc.Prof.Akaradet Sintupak Advisor

Abstract

This is article is for study about the designing and constructing. To safe gasoline car by small 4 stroke engine which is the instrument to make a power. Consider the component that is an affect to spend a lot of gasoline such as the structure of a car and system to transmit. The power and modifies of the engine to emphasize about the modifying of if. It can get high performance at round low speed. Both are reduced and saved some gasoline as less as possible. The structure of a car that is made form a soft metals and cheap cost.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ รศ. อัครเดช สินธุภัค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบคุณเป็นอย่างมาก

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

นาย เสริมศักดิ์ ยั่งยืน
นาย สิทธิชัย เกื้อเดช
นาย สิทธิเดช เสียมไหม
นายไสว มะลิชัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	IX
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3ขอบเขตของโครงการ	1
1.4ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	2
2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์	2
2.2 หลักการทำงานของการควบคุมเชื้อเพลิงด้วยคาร์บูเรเตอร์แบบเอสยู	5
2.3 ระบบจุดระเบิด (Ignition System)	5
2.4 กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อน	6
2.5 แรงต้านทานจากลม	7
2.6 การคำนวณแรงต้านจากอากาศ	8
2.7 แรงต้านทานการเคลื่อนที่	12
2.8 การรับน้ำหนักของรถ 3 ล้อ	12
2.9 ความสูงของจุดศูนย์ถ่วง	14
2.10 โครงสร้าง (Structure)	14
2.11 กลไกการบังคับเลี้ยว	16
2.12 การบังคับเลี้ยวของรถยนต์	16
2.13 รัศมีล้อสถิตและพลวัต	19
2.14 กงล้อ	19
2.15 มุมของล้อหน้า	20
2.16 การคำนวณหาขนาดโซ่	25
2.17 ประสิทธิภาพของการห้ามล้อ	27
2.18 ล้อช่วยแรง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ 30
3.1 การคำนวณหาแรงขับเคลื่อนของรถยนต์ 30
3.2 การหาน้ำหนักที่กระทำกับล้อ 32
3.3 การหาขนาดชิ้นส่วนของโครงรถ 34
3.4 ระบบส่งกำลัง 42
3.5 การออกแบบระบบบังคับเลี้ยว 44
3.6 ล้อช่วยแรง 45
3.8 เพลาลูกเบี้ยว 46
บทที่ 4 ผลการทดลอง 47
4.1 ผลการทดลองในกรณีที่ไม่มี Load 47
4.2 ผลการทดลองในกรณีที่มี Load 47
4.3 ลำดับขั้นการทดลอง 50
4.4 ข้อเสนอแนะ 51

ภาคผนวก
บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2-1 ระบบจุดระเบิดแบบ CDI 6
รูปที่ 2-2 ลักษณะของลมที่รถรูปทรงต่างๆ 8
รูปที่ 2-3 ลักษณะการหาพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ 9
รูปที่ 2-4 การหาหลักพลศาสตร์ในอุโมงค์แบบลมพัดผ่านไป 10
รูปที่ 2-5 การรับน้ำหนักของรถที่มีสามล้อ 12
รูปที่ 2-6 ชิ้นส่วนรับแรงสองแรง 15
รูปที่ 2-7 ข้อต่อเชื่อมหรือยึด 15
รูปที่ 2-8 ระบบบังคับเลี้ยวแบบอัคเคมานน์ 16
รูปที่ 2-9 การบังคับเลี้ยวของรถยนต์ 16
รูปที่ 2-10 ตำแหน่งเดินหน้าตรง 18
รูปที่ 2-11 ลักษณะของการติดตั้งคันส่งอยู่หลังคานหน้า 18
รูปที่ 2-12 ลักษณะการติดตั้งคันส่งอยู่หน้าคานหน้า 18
รูปที่ 2-13 การแสดงมุมล้อต่างๆของล้อหน้า 20
รูปที่ 2-14 แสดงระยะความสูงของปลายแกนสลักล้อกับพื้น 21
รูปที่ 2-15 มุมแคมเบอร์บวก 22
รูปที่ 2-16 แสดงล้อที่กลิ้งเป็นรูปกรวย 22
รูปที่ 2-17 มุมคาสเตอร์ 23
รูปที่ 2-18 มุมคาสเตอร์ของล้อหน้ารถจักรยาน 23
รูปที่ 2-19 (ก) แสดงการเอียงของล้อ ทำให้ล้อกลิ้งออกด้านนอก
(ข) แสดงด้านหน้าของล้อหน้าแคบกว่าด้านหลังของล้อหน้า 24
รูปที่ 2-20 แสดงรัศมีของการเลี้ยว 25
รูปที่ 3-1 น้ำหนักที่กระทำกับล้อ 32
รูปที่ 3-2 แสดงแรงที่กระทำกับแกนล้อหน้า 34
รูปที่ 3-3 แสดงแรงที่กระทำกับแกนล้อหลัง 35
รูปที่ 3-4 แสดงชิ้นส่วนประกอบของผู้ขับขี่ 36
รูปที่ 3-5 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วนคานหน้า 36
รูปที่ 3-6 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน CD 36
รูปที่ 3-7 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน EG 37
รูปที่ 3-8 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน FH 37
รูปที่ 3-9 การหาขนาดคานหน้า AB 38
รูปที่ 3-10 การหาขนาดท่อ CD 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-11 การหาขนาดท่อ EG 40
รูปที่ 3-12 การหาขนาดท่อ FH 41
รูปที่ 3-13 เฟืองขับ 43
รูปที่ 3-14 เฟืองตาม 44
รูปที่ 3-15 ระบบบังคับเลี้ยว 44
รูปที่ 3-16 ล้อช่วยแรง 45
รูปที่ 3-17 การติดตั้งพัลเซอร์ 46
รูปที่ 3-18 ระยะยกวาล์ว 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 2-1	ประสิทธิภาพของระบบส่งกำลัง	7
ตารางที่ 2-2	ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทานของลม (K_a)	10
ตารางที่ 2-3	ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานการหมุนของล้อรถยนต์	12
ตารางที่ 4-1	การทดลองไม่มีโหลด	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

สืบเนื่องมาจากในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้า รวมไปถึงเทคโนโลยีทางด้านยานยนต์ด้วยมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วทำให้พลังงานที่มีอยู่ในรูปแบบต่างๆ บนโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันเชื้อเพลิงถูกนำมาใช้นับวันจะหมดไป ประกอบกับมลภาวะที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงส่งผลต่อสภาพแวดล้อมด้วยเหตุผลที่กล่าวมานี้ทางคณะผู้จัดทำจึงคิดกันว่าควรจะทำโครงการวิจัยในครั้งนี้มาศึกษาเพื่อต้องการทราบถึงปัญหาของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จะได้นำไปพัฒนาและปรับปรุงเทคโนโลยีประหยัดน้ำมันซึ่งสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ในอนาคตหวังว่าจะสามารถนำพลังงานเชื้อเพลิงมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด ขจัดมลพิษและรักษาสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อต้องการศึกษาและพัฒนาเครื่องยนต์ 4 จังหวะ
2. เพื่อต้องการใช้ประโยชน์จากน้ำมันเชื้อเพลิงให้ได้มากที่สุด
3. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านการประหยัดน้ำมัน
4. เพื่อทดลองระบบใหม่ๆกับเครื่องยนต์ 4 จังหวะขนาดเล็ก

1.3 ขอบเขตของโครงการ

สามารถใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่กำหนดไว้จำนวน 1 ลิตรทำให้รถวิ่งได้ตามระยะทางที่กำหนด ความเร็วเฉลี่ยของรถต้องไม่ต่ำกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยที่ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงมากที่สุด สามารถบรรจุผู้โดยสารได้ คือผู้ขับขี่ได้ 1 คน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์

หากทำการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ 2 เครื่อง ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่มีขนาดเท่ากันให้กำลังทำงานเท่ากัน แต่ว่าเครื่องยนต์แรกมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสูงกว่าเครื่องที่สองถ้าเรานำในด้านเศรษฐศาสตร์ด้วยแล้ว หนทางที่ให้ผลประโยชน์สูงสุดคือ ทางเลืองอันดับที่สอง

จากหลักการทำงานของเครื่องยนต์ จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยหลายอย่าง ที่ทำให้การทำงานของเครื่องยนต์ไม่เป็นไปตามทฤษฎี เราสามารถแบ่งได้เป็นปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

2.1.1 ประสิทธิภาพดูดของไอดี

ในความเป็นจริงแล้วของไหลมีความหนืด ทำให้เกิดความต้านทานในการไหลของ ไอดีเป็นอย่างมาก อีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพดูดของไอดีก็คือ ลักษณะของลิ้นที่กีดขวางการไหลของไอดี

ส่วนต่างๆเหล่านี้มีผลทำให้ปริมาณไอดีที่จะเข้าไปเผาไหม้ร่วมกับเชื้อเพลิงมีปริมาณลดลงอาจจะเหลือเพียง 60 - 70 % จากปริมาณดูดทางทฤษฎี

2.1.2 ประสิทธิภาพในการขับไล่ไอเสีย

ในทางทฤษฎีไอดีที่บรรจุในกระบอกสูบเพื่อเผาไหม้จะต้องไม่มีไอเสียปนอยู่ด้วยเลยหรือต้องไม่มีไอเสียตกค้างอยู่ในห้องเผาไหม้ในความเป็นจริงแล้วเราไม่สามารถที่จะทำอย่างนั้นได้โดยเฉพาะการควบคุมไอดีไม่ให้มีไอเสียปะปนอยู่ในการบรรจุเข้ากระบอกสูบ ส่วนการขับไล่ไอเสียที่ตกค้างอยู่ในกระบอกสูบเราทำได้ดีที่สุดเพียงแค่ให้ปริมาณไอเสียตกค้างหลงเหลืออยู่น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เท่านั้น

2.1.3 การถ่ายเทความร้อนและความเสียดทาน

เนื่องจากวัสดุส่วนใหญ่ที่นำมาผลิตเป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ ในเครื่องยนต์เป็นโลหะซึ่งมีคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนได้ดีรวมทั้งยังมีการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน ทำให้ภายในเครื่องยนต์ต้องมีการถ่ายเทความร้อนบางส่วนออกไป นอกจากนี้แล้วความร้อนอีกส่วนนี่ต้องระบายออกไปก็เนื่องมาจากความเสียดทานที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของส่วนต่างๆ ภายในเครื่องยนต์

2.1.4 การรั่วไหลของไอดีและไอเสีย

ในจังหวะอัดของเครื่องยนต์จะมีไอดีบางส่วนแทรกตัวหนีออกมาตามช่องว่างระหว่างแหวนลูกสูบต่อกระบอกสูบและช่องว่างระหว่างปากแหวนลูกสูบทำให้ประสิทธิภาพการอัดของเครื่องยนต์ลดลงไม่เป็นไปตามทฤษฎี เช่นเดียวกันกับในจังหวะกำลังที่ก๊าซความดันสูงที่เกิดจากการเผาไหม้แทรกตัวหนีตามช่องว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆ ภายในกระบอบสูบทำให้แรงดันเฉลี่ยในกระบอกสูบ ลดลง เป็นผลให้กำลังที่ได้ลดลงและก๊าซทั้งสองที่แทรกตัวหนีออกจากกระบอกสูบนี้ยังทำให้เกิดมลพิษด้วยอีกทางหนึ่งด้วย

2.1.5 การเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์

เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ผสมอยู่ในไอดีไม่ได้ระเหยกลายเป็นไอหมดทุกส่วน และการคลุกเคล้ากันของเชื้อเพลิงกับอากาศยังไม่ดีพอที่จะทำให้คุณสมบัติของไอดีเป็นแบบสม่ำเสมอ (Uniform) ทำให้การเผาไหม้ต้องใช้ระยะเวลานานเกินไป และขณะที่เกิดการเผาไหม้ก็ไม่ได้เกิดพร้อมกันในทุกๆส่วนของห้องเผาไหม้แต่อาศัยการลุกลามของเปลวไฟไปจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่ง ทำให้ความดันเฉลี่ยที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ทางทฤษฎี

2.1.6 สารตัวกลางที่ใช้ไม่มีคุณสมบัติเป็นก๊าซอุดมคติ (Ideal Gas)

เนื่องจากในเครื่องยนต์เราใช้อากาศเป็นสารตัวกลาง ซึ่งจะมีคุณสมบัติไม่ตรงตามคุณสมบัติของก๊าซอุดมคติ คือค่าความร้อนจำเพาะไม่คงที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิทำให้อัตราส่วนระหว่างค่าความร้อนจำเพาะ (C_p/C_v =k) เปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งอุณหภูมิที่สูงภายในห้องเผาไหม้จะทำให้อะตอมของธาตุต่างๆ ภายในอากาศจะแตกตัว แล้วจับตัวกันเป็นสารประกอบ เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน และคาร์บอน ซึ่งการแตกตัว หรือการรวมตัวกันเป็นสารประกอบบางอย่างของธาตุต่าง ๆ เหล่านี้ จะดูดความร้อนไป (Endothermic Reaction) เป็นสาเหตุที่ทำให้งานที่ได้ลดลง

2.1.7 ความหนืดของสารหล่อลื่น

ในเครื่องยนต์จริงมีการเคลื่อนที่ของส่วนต่าง ๆ ทำให้เกิดการเสียดสีมีความเสียดทานเกิดขึ้นจึงจำเป็นต้องมีการหล่อลื่นภายในชิ้นส่วนต่าง ๆ ซึ่งสารหล่อลื่นนี้ก็จะมีความหนืดภายในตัวเองเครื่องยนต์จึงจำเป็นต้องสูญเสียกำลังบางส่วนเพื่อเอาชนะความหนืดของสารเหล่านี้ด้วย

ที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดนี้เป็นเพียงปัจจัยบางส่วนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์เท่านั้นนอกจากนี้ยังปัจจัยภายนอกเครื่องยนต์อีกที่มีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

2.1.8 การแก้ไขปรับปรุงเครื่องยนต์

เนื่องจากการปรับปรุงเครื่องยนต์ในครั้งนี้ เป็นการปรับปรุงเพื่อให้เครื่องยนต์ผลิตกำลังได้ใกล้เคียงกับกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนจริงเท่านั้น ซึ่งกำลังที่เครื่องยนต์ผลิตได้ก่อนปรับปรุงก็มีกำลังมากเกินความต้องการอยู่แล้ว และยังเป็นการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยไม่เกิดประโยชน์ ดังนั้นในการปรับปรุงชิ้นส่วนต่าง ๆ ในเครื่องยนต์จะยึดหลักในการปรับปรุงเพื่อให้เครื่องยนต์ผลิตกำลังได้ใกล้เคียงกับกำลังขับเคลื่อนจริงเป็นหลัก ชิ้นส่วนที่จะทำการปรับปรุงจะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การปรับปรุงประสิทธิภาพดูดของท่อไอดี

ระบบประจุไอดีคือ เส้นทางเดินของไอดีตลอดความยาวของท่อทางเดินของไอดีซึ่งประกอบไปด้วยท่อร่วมไอดีและเส้นทางเดินของท่อไอดีภายในฝาสูบ ในการออกแบบระบบประจุไอดีที่ดีนั้นจะต้องออกแบบให้อากาศไหลอย่างสะดวก มีความต้านทานการไหลของไอดีเกิดขึ้นน้อยที่สุดและในขณะเดียวกันก็ต้องทำหน้าที่คลุกเคล้าอากาศกับเชื้อเพลิงให้ได้มากที่สุดเช่นกัน

ดังนั้นการออกแบบท่อไอดีที่ดีต้องออกแบบให้อากาศไหลในท่อไอดีมีลักษณะการไหลเป็นแบบเทอร์บิวเลนท์ (Turbulent) เพื่อให้การคลุกเคล้าของอากาศกับเชื้อเพลิงเป็นไปอย่างดี

เนื่องจากท่อไอดีของเดิมมีขนาดใหญ่ทำให้มีประสิทธิภาพดูดสูง แต่ก็มีลักษณะโค้งงอในการปรับปรุงจึงให้ท่อไอดีมีลักษณะตรงแต่มีขนาดเล็กเพื่อประสิทธิภาพดูดลดลงดังนั้น ประมาณไอดีที่เข้าบรรจุในกระบอกสูบจะลดลง ทำให้ใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ลดลงตามไปด้วย แต่ท่อไอดีที่มีขนาดเล็กนี้ก็จะมีประสิทธิภาพดูดเพียงพอที่จะทำให้เครื่องยนต์มีกำลังมากพอที่จะใช้ในการขับเคลื่อน

2. การปรับปรุงประสิทธิภาพการขับไล่ไอเสีย

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

นอกจากนั้นแล้วลักษณะการไหลของก๊าซไอเสียจะต้องเป็นแบบลามินาร์ (Laminar) เนื่องจากการไหลแบบนี้มีการสูญเสียเนื่องจากการไหลแบบเทอร์บิวเลนท์ และท่อแบบหนึ่งที่นิยมใช้ในการลดความดันย้อนกลับที่เกิดขึ้นภายในท่อไอเสียก็คือท่อเพิ่มขนาดแบบต่อเนื่อง (Diffusers) เนื่องจากท่อแบบนี้ สามารถลดแรงดันได้ดีและยังการสูญเสียน้อย

3. การถ่ายเทความร้อน และความเสียดทาน

ภายในเครื่องยนต์ยังคงมีความจำเป็นต้องมีการถ่ายเทความร้อนบางส่วนออกไป แต่เราก็สามารถลดปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเททิ้งไปได้บางส่วนเช่น การระบายความร้อนของเครื่องยนต์ หากเครื่องยนต์ไม่ได้ทำงานที่อุณหภูมิสูงมากนักเราก็สามารถลดปริมาณความร้อนที่ต้องระบายออกจากชิ้นส่วนเครื่องยนต์บางชิ้นได้ แต่หากการถ่ายเทความร้อนของเครื่องยนต์ไม่ดีพอก็อาจนำความเสียหายมาสู่เครื่องยนต์ได้

ส่วนความเสียดทานที่เกิดขึ้น เราสามารถลดลงได้ในหลายส่วนของเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็นความเสียดทานระหว่างกระบอกสูบกับแหวนลูกสูบ เราสามารถลดแรงเสียดทานได้โดยการลดจำนวนแหวนลูกสูบลง แต่การลดจำนวนแหวนลูกสูบลงนี้ต้องมั่นใจว่าเครื่องยนต์ยังคงมี ประสิทธิภาพในการอัดที่เพียงพอ

4. การรั่วไหลของไอดีและไอเสีย

การรั่วไหลของไอดีและไอเสียที่เกิดขึ้นระหว่างช่องว่างของกระบอกสูบและแหวนลูกสูบสามารถแก้ไขได้โดยการใช้สารหล่อลื่นที่มีประสิทธิภาพดีพอที่จะอุดรอยรั่วที่เกิดขึ้นนี้ได้ ซึ่งสารหล่อลื่นที่ใช้ก็ควรจะเป็นสารหล่อลื่นประเภทสารสังเคราะห์ สารหล่อลื่นประเภทนี้จะมีข้อดีก็คือความหนืดจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิน้อยกว่าสารหล่อลื่นที่เป็นสารจากธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการทำงานของการควบคุมเชื้อเพลิงด้วยคาร์บูเรเตอร์แบบเอสยู

คาร์บูเรเตอร์แบบสุญญากาศคงที่หรือเรียกอีกอย่างว่า แบบคอคอดเปลี่ยนแปลงหรือที่เรารู้จักกันคือคาร์บูเรเตอร์แบบเอสยูชิ้นส่วนภายในประกอบด้วยลูกสูบอลูมิเนียม (Piston) เข็มนมหนู (Needle) ติดอยู่ที่ปลายลูกสูบแหย่ในนมหนู (Jet) ซึ่งรับน้ำมันมาจากห้องลูกลอย ลูกสูบจะถูกกดลงด้วยสปริง เมื่อเครื่องยนต์ดับสปริงจะดันลูกสูบให้เลื่อนลงมาดันกับขอบนมหนูทำให้ท่ออากาศปิดแคบ ขณะเหยียบคันเร่งคาร์บูเรเตอร์จะเปิดกว้างขึ้นทำให้อากาศไหลผ่านคอคอด อากาศที่ผ่านคอคอดนี้ลูกสูบปิดท่อทางให้แคบจึงไหลผ่านด้วยความเร็วสูง เมื่ออากาศมีความเร็วสูงสุญญากาศก็มากขึ้นบริเวณห้องสปริงจะเกิดสุญญากาศมาก ผลก็คือแรงดันจากบรรยากาศจะดันด้านล่างของลูกสูบให้ยกขึ้นเข็มนมหนูก็จะยกตามทำให้น้ำมันถูกดันออกมาผสมกับอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบ

การควบคุมขนาดของคอคอดโดยการเลื่อนของลูกสูบเป็นไปอย่างอัตโนมัติถ้าเกิดสุญญากาศมากลูกสูบในคาร์บูเรเตอร์จะเลื่อนขึ้นมาก ถ้าสุญญากาศน้อยลูกสูบในคาร์บูเรเตอร์จะเลื่อนต่ำลง และจะเป็นอย่างนี้ตลอดการทำงานทำให้ความเร็วของอากาศและสุญญากาศคงที่ ปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับขนาดของความโตของรูนมหนูและขนาดของเข็มนมหนู

2.3 ระบบจุดระเบิด (Ignition System)

ระบบจุดระเบิดที่ใช้กับรถยนต์ในปัจจุบันนี้มีด้วยกันหลายระบบ ไม่ว่าจะเป็นระบบจุดระเบิดแบบแบตเตอรี่ ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบจุดระเบิดแบบ CDI ระบบจุดระเบิดแบบแม็กนิโต แต่ละระบบก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไปส่วนในรถยนต์ประหยัดพลังงานที่เราสร้างขึ้นมานี้เราเลือกใช้ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

หลักการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบนี้ อาศัยหลักการทำงานทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีชื่อเรียกว่าทรานซิสเตอร์ (Transistor) ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกับสวิทช์ทางไฟฟ้าตัวหนึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้าที่เข้าไปในคอล์ย (Coil) จุดระเบิดทำให้เกิดการเหนี่ยวนำภายในคอล์ยเกิดกระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนที่สูงทำให้เกิดการสปาร์คที่หัวเทียน

ระบบจุดระเบิดแบบนี้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญคือ คอล์ยจุดระเบิด เซนเซอร์จุดระเบิด ชุดขยายสัญญาณ และชุดสร้างสัญญาณจุดระเบิด ในที่นี้จะอธิบายเฉพาะส่วนประกอบที่แตกต่างจากระบบจุดระเบิดแบบเดิมคือ

1. เซนเซอร์จุดระเบิดจะประกอบไปด้วยขดลวดและแม่เหล็ก อาศัยหลักการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า

2. ชุดขยายสัญญาณทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ได้จากขดลวดของเซนเซอร์จุดระเบิดแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์เพื่อไปควบคุมคำสั่งจุดระเบิดอีกครั้งหนึ่ง

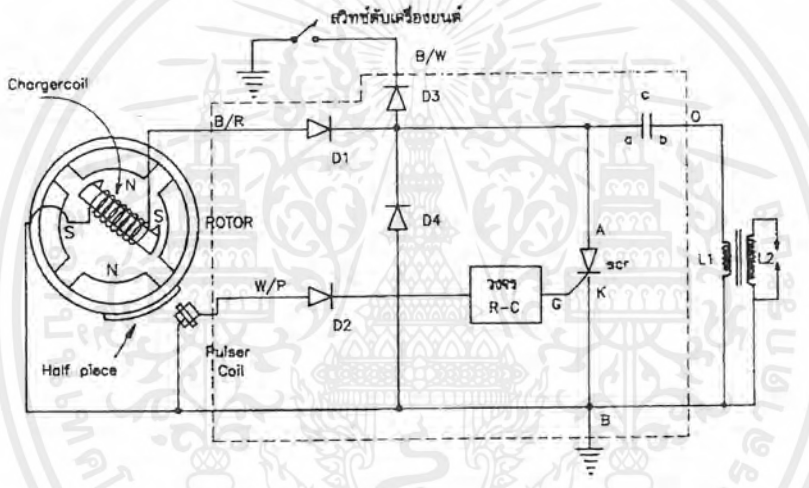
3. ชุดสร้างสัญญาณจุดระเบิด จะมีลักษณะเป็นซี่ฟันยื่นออกมาจากแท่งโลหะทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางเดินของสนามแม่เหล็กที่อยู่ในเซนเซอร์จุดระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.หลักการทำงาน

เมื่อสตาร์ทเครื่องยนต์ชุดสร้างสัญญาณจุดระเบิดที่ต่ออยู่กับเพลาข้อเหวี่ยงจะหมุนตามไปด้วยในขณะที่ฟันของชุดสัญญาณจุดระเบิดเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กที่อยู่ในชุดเดียวกับเซนเซอร์จุดระเบิด จะทำให้เส้นแรงสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงไปทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นภายในขดลวดของเซนเซอร์จุดระเบิด กระแสไฟฟ้านี้จะถูกส่งไปยังชุดขยายสัญญาณและทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากกระแสไฟฟ้าซึ่งมีเพียงเล็กน้อยนี้ให้เพิ่มมากขึ้น แล้วนำไปเป็นสัญญาณควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับคอล์ยจุดระเบิด ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้นภายในคอล์ยจุดระเบิดเกิดการสปาร์คที่หัวเทียน

ข้อดีของระบบจุดระเบิดแบบนี้ก็คือ ให้กระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูง สูงกว่าระบบจุดระเบิดแบบแบตเตอรี่และไม่มีผลทำให้เกิดแรงเสียดทานหรือแรงต้านทานการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงเหมือนระบบจุดระเบิดแบบอื่น ๆ เช่น แรงต้านทานการหมุนเนื่องจากแรงดูดของแม่เหล็กในระบบจุดระเบิดแบบแม็กนิโต



รูปที่ 2-1 ระบบจุดระเบิดแบบ 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 แรงต้านทานจากลม (N)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R_r คือ แรงต้านทานจากการหมุน (N)

R_g คือ แรงต้านทานจากน้ำหนักรถขณะขึ้นเนิน (N)

กำลังที่ล้อขับเคลื่อน

$$P_v = PV \tag{2.1}$$

ทั้งนี้เมื่อรถวิ่งบนพื้นระนาบ จะได้ว่า

$$R = R_a + R_r \tag{2.2}$$

แต่ถ้ารถวิ่งขึ้นพื้นเอียง

$$R = R_a + R_r + R_g \tag{2.3}$$

กำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้ขับเคลื่อนนั้นจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของระบบส่งกำลังด้วย

∴ กำลังเครื่องยนต์ที่ใช้ขับเคลื่อน

$$P_r = P_v/\eta_t = RV/\eta_t \tag{2.4}$$

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

ตารางที่ 2-1 ประสิทธิภาพของระบบส่งกำลัง

2.5 แรงต้านทานจากลม

รถยนต์ทุกชนิดที่วิ่งบนถนนนั้น เมื่อยางสัมผัสกับถนนในขณะที่ล้อหมุนเพื่อวิ่งไปข้างหน้าจะเกิดแรงต้านทานจากการหมุนกลิ้งของผิวถนน หรือแรงเสียดทาน และอีกอย่างหนึ่งคือแรงต้านทานจากรถ เนื่องจากรถต้องวิ่งแหวกอากาศออกไปซึ่งที่ความเร็วต่ำ แรงต้านทานจากลมน้อยมากจนไม่สามารถไปเปรียบเทียบกับแรงต้านทานการหมุน แต่ถ้ารถวิ่งด้วยความเร็วสูง แรงต้านทานจากลมจะมีผลต่อการขับเคลื่อนอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ชนิดของแรงต้านจากลมมี 2 ประเภท คือ

1.แรงต้านทานภายนอก คือ แรงต้านทานจากภายนอกของตัวถังที่รับลม

2.แรงต้านทานภายใน คือ ผลของอากาศที่ไหลเข้าไปภายในตัวรถ ซึ่งเกิดจากอากาศที่ไหลเข้ามาทางช่องระบายอากาศเพื่อถ่ายเทอากาศภายในรถ แต่เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างแรง 2 แรงนี้ แรงต้านทานภายในมีค่าน้อย กระแสอากาศที่ไหลผ่านตัวรถนั้นจะต้องพยายามไม่ให้เกิดการหมุน ยิ่งถ้ากระแสอากาศที่ไหลเกิดเป็นเกลียวหมุนขึ้น จะทำให้มีแรงต้านทานมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้ตัวถังรถยนต์มีลักษณะลู่ลม เพื่อลดแรงต้านทานที่จะเกิดขึ้น

2.5.2 ปัจจัยการเกิดแรงต้านทานของอากาศ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

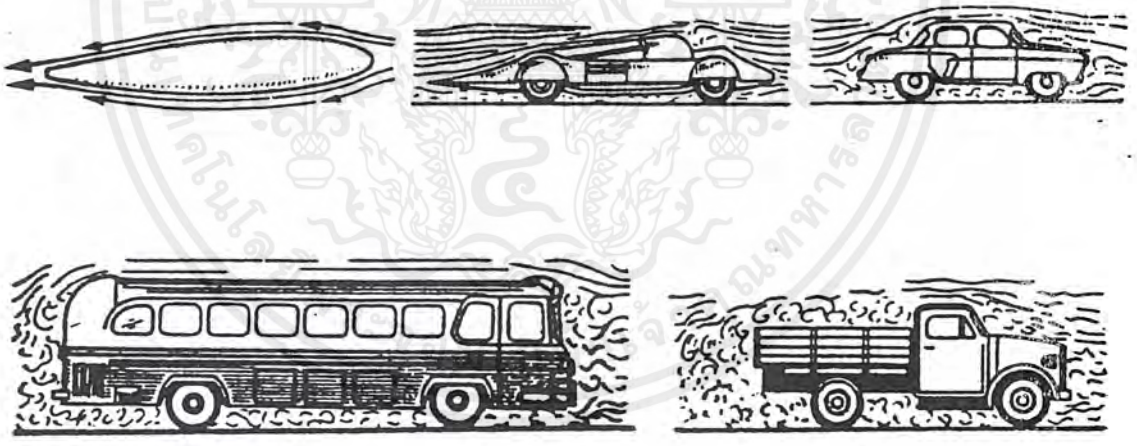
1. แรงต้านทานของลมที่ส่วนหน้าและส่วนหลังของรถยนต์ในขณะที่รถวิ่งไป (ประมาณ 55 – 60%)

2. พื้นที่หน้าตัดของรถ บังโคลนและชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ติดไว้ต้านลม (ประมาณ 12 –18 %)

3. แรงต้านทานจะสูงขึ้นเมื่อลมพัดผ่านหม้อน้ำ และช่องว่างใต้ฝากระโปรงของรถ (ประมาณ 10 – 15 %)

4. แรงต้านทานที่ผิวตัวถังรถ (ประมาณ 8 – 10%)

5.ความแตกต่างระหว่างลมที่ข้างบนรถและส่วนล่างของรถ ซึ่งเมื่อลมพัดผ่านรถไปแล้วจะทำให้เกิดเป็นลมหมุนที่ข้างหลัง คล้ายกับว่าเป็นแรงฉุดรถเอาไว้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบรูปทรงของรถยนต์ที่ป้องกันไม่ให้เกิดลมหมุนขึ้นที่ท้ายรถ (5 –8 %)



รูปที่ 2-2 ลักษณะของลมที่รถรูปทรงแบบต่าง ๆ

2.6 การคำนวณแรงต้านจากอากาศ

ทั้งนี้ปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวนั้นจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับความเร็วของรถยนต์ที่วิ่งไปที่จะเป็นผลทำให้แรงต้านทานของลมเพิ่มขึ้น และการทดลองพบว่า

$$R_a = K_a A V^2 \qquad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าคำนึงถึงความหนาแน่นของอากาศ (ρ) ค่าของความต้านทานสามารถหาได้จาก

$$R_a = C_d A\rho/2V^2 \quad (2.6)$$

สำหรับในที่นี้จะไม่คำนึงถึงความหนาแน่นของอากาศและกำหนดให้

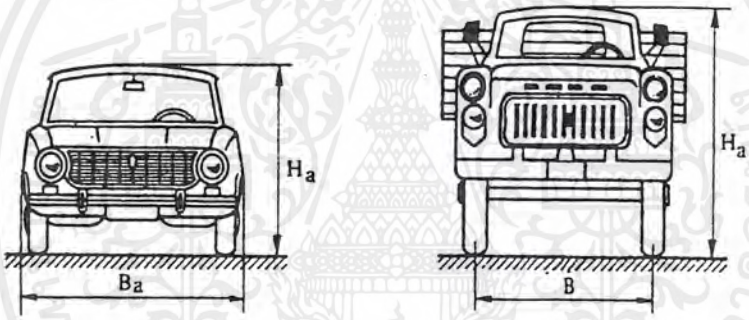
K_a คือ สัมประสิทธิ์ของแรงต้านทานของอากาศ (kg/m^3)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ส่วนที่ต้านกับลม (m^2)

V คือ ความเร็วของรถยนต์ (m/s)

C_d คือ สัมประสิทธิ์ต้านลม สำหรับรถนั่งมีค่าประมาณ 0.3 – 0.45 (ไม่มีหน่วย)

สำหรับความเร็วของรถยนต์นั้น ในกรณีที่รถแล่นสวนทางลม ค่า K_a จะต้องรวมกับความเร็วลม แต่ถ้ารถวิ่งตามทางลมจะต้องหักออกด้วยความเร็วของกระแสลม



รูปที่ 2-3 ลักษณะการหาพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์

การหาพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์นั้นไม่สามารถจะหาค่าที่แน่นอนได้จึงมีวิธีการคิดหาค่าได้ดังนี้ สำหรับรถบรรทุก

$$A = BH_a \quad (2.7)$$

สำหรับรถยนต์นั่ง

$$A = 0.78\ B_aH_a \quad (2.8)$$

โดยที่

B คือ ช่วงกว้างของล้อ (m)

B_a คือ ความกว้างของตัวรถ (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H_a คือ ความสูงของตัวรถ (m)

ค่าคงที่ K_a เป็นค่าที่กำหนดโดยรูปร่างของรถซึ่งหาได้โดยการนำรถที่มีรูปร่างต่าง ๆ ไปทดลองในอุโมงค์ลม ก็จะทราบค่าที่แน่นอนของ K_a ได้ สำหรับค่า K_a มีค่าโดยประมาณดังนี้

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

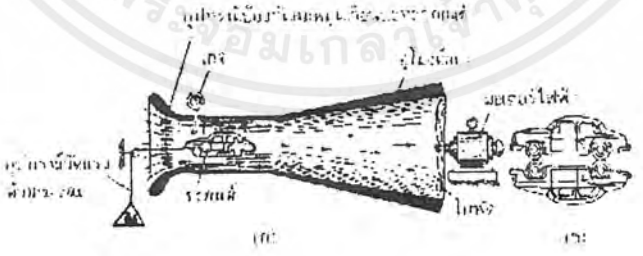
ตารางที่ 2-2 ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทานของลม (K_a)

การทดสอบหาหลักอากาศพลศาสตร์ของรถยนต์นั้นจะต้องทดสอบในอุโมงค์ลม อุโมงค์ลมนั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.ประเภทลมพัดผ่านเลยไป

2.ประเภทลมพัดวน แบบนี้สามารถทดสอบโดยปรับอุณหภูมิของลมให้เหมือนกับอากาศได้ทุกสภาพและซับซ้อนกว่าแบบลมพัดผ่านเลยไป

การทดลองหาสัมประสิทธิ์แรงต้านทานของลมทำได้โดยเป่าลมไปยังรถยนต์หรือหุ่นจำลองรถยนต์ที่วางไว้ในอุโมงค์ลม ตามรูปที่ 2-4 รถยนต์แขวนไว้ภายในอุโมงค์ลมซึ่งมีใบพัดลมของมอเตอร์ไฟฟ้าและจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ลมหมุนเวียนที่ทางเข้าของลมปะทะกับรถยนต์ เสมือนเป็นแรงต้านของลมที่กระทำต่อรถยนต์ขณะวิ่ง



รูปที่ 2-4 การหาหลักอากาศพลศาสตร์ในอุโมงค์แบบลมพัดผ่านไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_r = Wa/b \tag{2.9}$$

แต่ a/b เป็นค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวถนน และขนาดของยางรถ ถ้ากำหนดให้

$$a/b = K_r \tag{2.10}$$

$$\therefore R_r = K_r W \tag{2.11}$$

ถ้ากำหนดให้

K_r คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานการหมุน

W คือ น้ำหนักของรถที่กดลงที่ล้อ (N)

W_1 , W_2 คือ น้ำหนักของรถที่กดลงที่ล้อหน้าและหลัง (N)

K_{r_1} , K_{r_2} คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานการหมุนที่ล้อหน้าและหลัง

ถ้าหากพิจารณาทั้งล้อหน้าและล้อหลัง

$$R_r = K_{r_1} W_1 + K_{r_2}, W_2 \tag{2.12}$$

$$W_1 = W_2 \quad \text{และ} \quad K_{r_1} = K_{r_2} \tag{2.13}$$

$$\therefore \quad R_r = K_r W \tag{2.14}$$

(ให้ $W_1 + W_2 = W$ = น้ำหนักรถยนต์)

จะเห็นได้ว่าแรงต้านทานชนิดนี้มีผลเนื่องมาจากล้อได้รับแรงกระแทกซึ่งเป็นผลมาจากความขรุขระของผิวถนนและหน้ายาง เป็นต้น และจากเหตุนี้แรงต้านทานจะขึ้นอยู่กับสภาพของถนน น้ำหนักรถ ถ้าหากคำนึงถึงความลาดของถนนจะได้

$$R_r = K_r W \cos\theta \tag{2.15}$$

โดย θ คือ ความลาดของถนน

เมื่อคำนวณแรงต้านทานการหมุน สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ได้จากลักษณะของถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

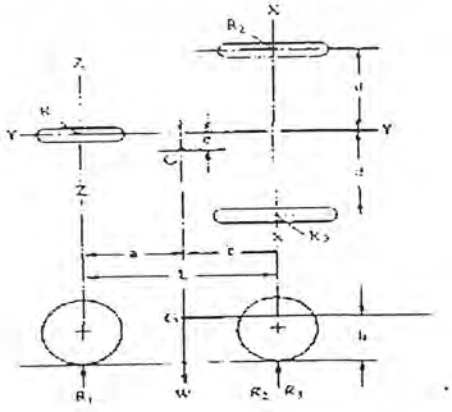
ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักรถ แรงต้านทานการหมุนของล้อ แรงต้านทานเนื่อง จากการไหลของอากาศ การเคลื่อนที่ในทางชันสภาพถนนและปัจจัยอื่น ๆ อีกมากมาย สิ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น

การลื่นไถลของยางรถยนต์ขณะขับเคลื่อน การลื่นไถลของยางเกิดขึ้นทุกช่วงความเร็วของรถยนต์แต่จะมีการลื่นไถลมากขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มมากขึ้น และในขณะที่รถมีการเร่งในทางตรงกันข้าม หากรถยนต์มีความเร็วคงที่และแล่นด้วยความเร็วต่ำการลื่นไถลของยางรถยนต์ก็จะลดน้อยลงตามไปด้วย

นอกจากนี้แล้วยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีกมากมาย เช่น มุมของล้อหน้า ระบบเบรค อุปกรณ์ต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งลักษณะการขับขี่ของผู้ขับรถยนต์เอง จะเห็นได้ว่าแม้แต่จุดเล็ก ๆ ซึ่งเราคาดไม่ถึงก็ยังมีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง หากเราสามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ให้ลดน้อยลงก็จะมีผลทำให้เราสามารถใช้เครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วย

2.8 การรับน้ำหนักของรถ 3 ล้อ

พิจารณาจากกฎของการสมดุลโดยให้ล้อรถทั้ง 3 ล้อ อยู่บนพื้นระดับเดียวกัน แรงปฏิกิริยาที่เกิดจากจุดสัมผัสของล้อทั้ง 3 ล้อ กับพื้นถนนจะอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับพื้นถนน



รูปที่ 2-5 การรับน้ำหนักของรถที่มี 3 ล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนด

W คือ น้ำหนักของรถยนต์ (N)

L คือ ความยาวของช่วงล้อหน้าถึงล้อหลัง (mm)

a คือ ระยะทางจากเพลาของล้อหลังถึงจุดศูนย์ถ่วงหรือในที่นี้คือจุด G (mm)

b คือ ระยะทางจากเพลาของล้อหน้าถึงจุดศูนย์ถ่วง (mm)

c คือ ระยะทางจากแกนกลางถึงจุดศูนย์ถ่วง (mm)

d คือ ระยะทางจากแกนกลางถึงจุดกึ่งกลางยางล้อหน้า (mm)

R_1 คือ แรงปฏิกิริยาที่ตั้งฉากกับล้อหน้า (N)

R_2, R_3 คือ แรงปฏิกิริยาที่ตั้งฉากกับล้อหน้าแต่ละล้อ (N)

h คือ ความสูงของจุดศูนย์ถ่วง

พิจารณาโมเมนต์รอบแกน XX จะได้

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

เพราะฉะนั้น

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

พิจารณาโมเมนต์รอบแกน YY จะได้

$$R_3 d = Wc + R_2 d \tag{2.18}$$

$$(R_3 - R_2) = Wc \tag{2.19}$$

เพราะฉะนั้น

$$R_3 - R_2 = Wc/d \tag{2.20}$$

พิจารณาโมเมนต์รอบแกน ZZ จะได้

$$R_3 L + R_2 L = Wa \tag{2.21}$$

$$(R_3 + R_2) L = Wa \tag{2.22}$$

เพราะฉะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

จากสมการ (3) +(2) จะได้

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

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

จาก สมการ (3) - (2) จะได้

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

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

พิจารณา แรงที่กระทำกับรถ 3 ล้อ

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

2.9 ความสูงของจุดศูนย์ถ่วง

จุดศูนย์ถ่วงจะอยู่จุดใดของรถก็ได้ขึ้นอยู่กับ ขนาดความสูงและน้ำหนักของรถ จุดศูนย์ถ่วงมีความสำคัญกับรถยนต์เพื่อใช้ในการทรงตัวของรถโดยมีการกำหนด ตำแหน่งของจุดศูนย์ที่เหมาะสมกับการทรงตัวของรถยนต์ไว้ดังนี้

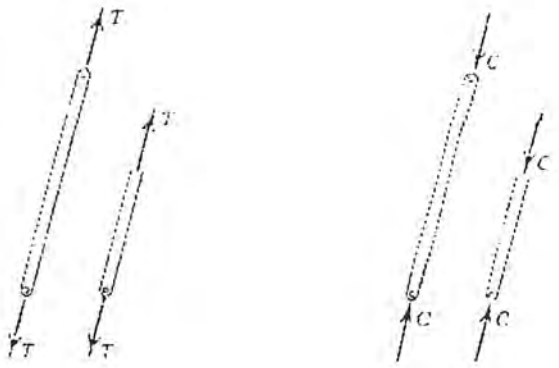
1. ถ้ารถอยู่ในตำแหน่งลาดชัน น้ำหนักที่กระทำผ่านจุดศูนย์ถ่วงจะต้องลงไม่เกินระดับคานล้อหน้าหรือคานล้อหลัง

2. สัมผัสของล้อด้านข้างกับผิวถนนถ้ารถเลี้ยวโค้งที่ความเร็วและความเอียงแตกต่างกัน จุดศูนย์ถ่วงจะต้องลงไม่เกินแนวของผิว

2.10 โครงสร้าง (Structure)

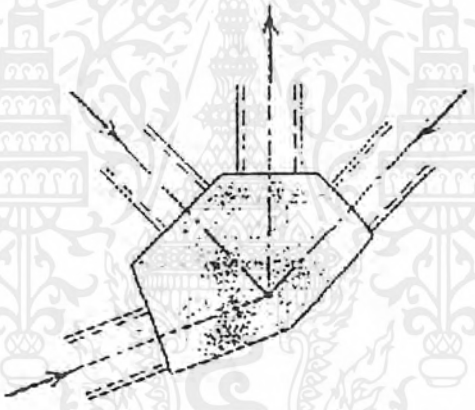
โครงสร้างเกิดจากการนำชิ้นส่วนตั้งแต่ 2 ชิ้น ขึ้นไปมาประกอบกันเป็นโครงสร้างแบบต่าง ๆ เพื่อช่วยในการรับแรง ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจะรับแรงกระทำที่ปลายทั้งสองของชิ้นส่วนนั้น แรงที่กระทำชิ้นส่วนต่าง ๆ จะอยู่ในลักษณะแรงดึงหรือแรงอัดมีทิศทางตรงกันข้ามและอยู่ในแนวเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-6 ชิ้นส่วนรับแรงสองแรง

สำหรับข้อต่อแบบเชื่อมถือว่าแนวศูนย์กลางของชิ้นส่วนที่เชื่อมต่อกันนั้นพบกันที่จุดยึดต่อ



รูปที่ 2-7 ข้อต่อเชื่อมหรือยึด

2.10.1 การวิเคราะห์แรงในโครงสร้าง

1. วิธีจุดยึดต่อ (Method of joints) เขียนแรงกระทำที่จุดยึดต่อแต่ละจุดเลือกจุดต่อที่ไม่รู้ค่า 1 ตัว แต่ไม่เกิน 2 ตัว มาวิเคราะห์แรงโดยใช้สมการสมดุลแรง

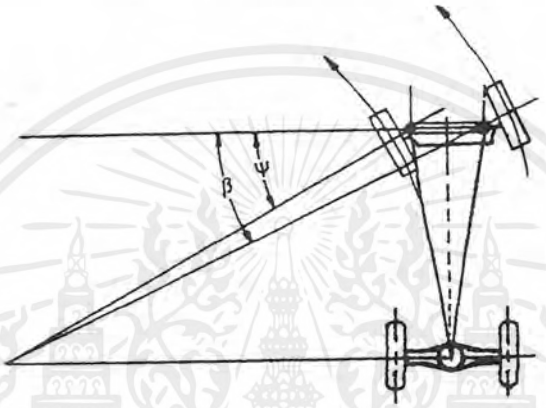
2. วิธีส่วนตัด (Method of sections) เลือกตัดโครงสร้างผ่านชิ้นส่วนที่มีตัวไม่ทราบค่าไม่เกิน 3 ตัว หรือชิ้นส่วนที่ต้องการจะทราบแรง วิเคราะห์แรงโดยใช้สมการสมดุลแรง

โครงสร้างของเครื่องจักรกล ประกอบด้วยชิ้นส่วนของโครงสร้างแต่ละชิ้นมีแรงกระทำมากกว่า 2 แรงขึ้นไป ทำการแยกชิ้นส่วนออกเป็นอิสระเพื่อทำการวิเคราะห์แรงของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น โดยใช้สมการสมดุลแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 กลไกการบังคับเลี้ยว

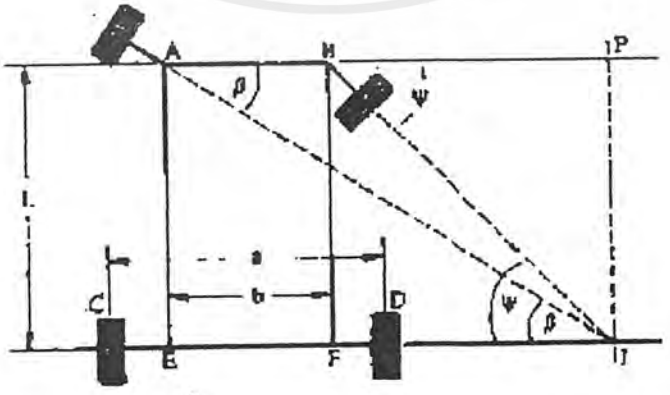
การบังคับรถให้เลี้ยวนั้นเป็นการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ซึ่งแต่เดิมเป็นแบบใช้ล้อที่ห้า (Fifth wheel steering) หรือระบบจุดหมุนจุดเดียว ซึ่งเหมาะกับรถม้าและรถพ่วง หากนำมาใช้กับรถยนต์ก็จะไม่เหมาะสมนัก เพราะในการออกแบบบังคับเลี้ยวมีส่วนสำคัญต่อการบังคับรถยนต์ทั้งหมด ระบบบังคับเลี้ยวจึงต้องออกแบบอย่างระมัดระวังเพื่อให้เป็นชุดเดียวกันกับระบบรองรับน้ำหนัก เพื่อใช้รับแรงที่ล้อหน้า ในการออกแบบระบบบังคับเลี้ยวนั้นส่วนใหญ่จะเป็นแบบทราพีส (Trapeze) หรือแบบอัคเคมานน์ (Ackermann) ดังรูปที่ 2-9 ทั้งนี้การออกแบบทำให้ล้อหน้าของรถยนต์มีลักษณะเป็นโทเอาต์ออนเทิร์น (toe – out on turn) ล้อของรถยนต์ก็จะไม่ลื่นไถล



รูปที่ 2-8 ระบบบังคับเลี้ยวแบบอัคเคมานน์

2.12 การบังคับเลี้ยวของรถยนต์

เมื่อรถยนต์วิ่งไปบนถนนจะเห็นรอยสัมผัสที่เสียดสีกันระหว่างยางกับถนน การกลิ้งตัวของยางบนผิวถนนนั้นจะพิจารณาได้จากการเขียนวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางของการเลี้ยว แนวแกนล้อทั้งสองที่หันเลี้ยวจะพบกันที่จุดศูนย์กลางของการเลี้ยว โดยจุดนี้จะอยู่ในแนวเดียวกับเพลาหลัง จากรูปที่ 2-9 จะเห็นได้ว่าแกนล้อด้านในของการเลี้ยวเอียงทำมุมกับแนวเสื้อเพลาเป็นมุม และมีขนาดกว้างกว่ามุมของแกนล้อด้านนอกของการเลี้ยว



รูปที่ 2-9 การบังคับเลี้ยวของรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กำหนดให้

a = CD คือ ช่วงกว้างระหว่างล้อ

b = AB คือ ระยะระหว่างจุดหมุนของเพลาหน้า

L = AE คือ ช่วงยาวระหว่างล้อ

I คือ จุดศูนย์กลาง การเลี้ยวของล้อทั้ง 4

ถ้าลากเส้น IP ตั้งฉากกับ AB ที่จุด P ดังรูปที่ 2-10

$$b = AP - BP \qquad (2.29.1)$$

$$b = L \cot \beta - L \cot \Psi \qquad (2.29.2)$$

นั่นคือ

$$\cot \beta - \cot \Psi = b/L \qquad (2.29.3)$$

2.12.1 วิธีการของระบบบังคับเลี้ยว

ระบบบังคับเลี้ยวแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1. แบบเดวิส (Davis steering gera)

2. แบบอัคเคมานน์ (Ackermann steering gear)

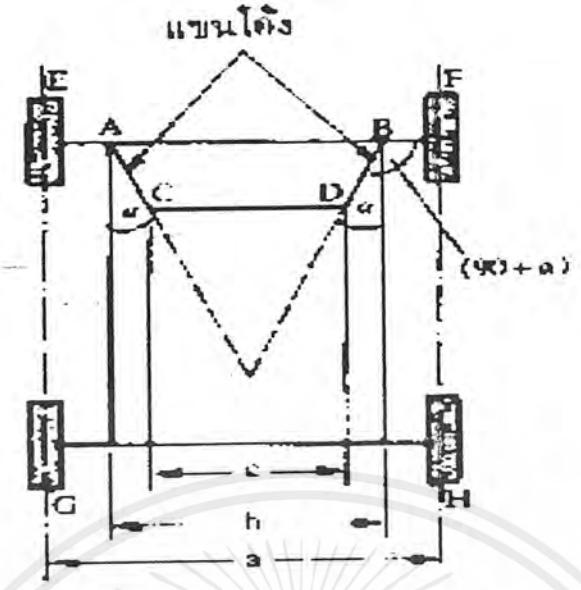
ทั้งสองแบบนี้มีลักษณะแตกต่างกันคือแบบเดวิสเป็นแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ เลื่อนไปมาทำให้เกิดความฝืดและสึกหรออันเป็นผลทำให้ค่าของมุมผิดพลาดไป ส่วนแบบอัคเคมานน์เป็นแบบที่ชิ้นส่วนต่าง ๆ เคลื่อนที่โดยการหมุนเพียงอย่างเดียว

1. แบบเดวิส ระบบบังคับเลี้ยวแบบนี้ให้ค่าทางคณิตศาสตร์เป็นไปอย่างถูกต้อง แต่ไม่เหมาะสมเหมือนกับระบบอัคเคมานน์ ทั้งนี้เพราะมีกลไกมากกว่า จึงไม่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากการสึกหรอได้

2.แบบอัคเคมานน์ กลไกบังคับเลี้ยวแบบนี้เป็นแบบแขน 4 แขน ประกอบด้วยคันส่ง (cross link) CD ที่ต่ออยู่กับแขน AE และ BF ของล้อหน้าทั้งสอง ทั้งนี้แขน AC และ BD ต่างก็เป็นส่วนหนึ่งของแขนโค้ง (Bell – crank) CAE และ DBF ตามลำดับ โดยงอเป็นมุม 90 + (ดังรูปที่ 2-10 ทั้งนี้ ABCD จะเป็นแขน 4 แขน โดยมีแขน AC และ BD เอียงทำมุม (กับแนวโครงรถ ฉะนั้นแขน CD จึงขนานกับแนว AB เมื่อรถเคลื่อนที่เดินหน้าตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42450



รูปที่ 2- 11 ตำแหน่งเดินหน้าตรง

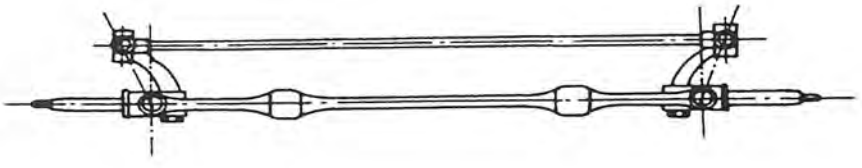
2.12.2 การติดตั้งกลไกการบังคับเลี้ยว

การติดตั้งคันส่งมี 2 ลักษณะ คือ

1. แบบติดตั้งภายใน แบบนี้คันส่งจะติดตั้งอยู่หลังคานหน้า เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวคันส่งกระแทกกับสิ่งกีดขวางบนถนนและตัวคันส่งจะอยู่ในลักษณะรับแรงอัด

รูปที่ 2-12 ลักษณะของการติดตั้งคันส่งอยู่หลังคานหน้า

2. แบบติดตั้งภายนอก แบบนี้ตัวคันส่งจะติดตั้งอยู่ทางด้านหน้าคาน อาจทำให้กระแทกกับสิ่งกีดขวางได้ ถ้าตัวคันส่งงอก็จะมีผลต่อมุมล้อหน้าได้ การติดตั้งในลักษณะนี้ตัวคันส่งจะรับแรงดึง



รูปที่ 2-13 ลักษณะของการติดตั้งคันส่งอยู่หน้าคานหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 รัศมีล้อสถิตและพลวัต

ล้อยางที่บรรจุลมที่มีความดันตามพิกัดในขณะที่รถจอดนิ่ง ล้อจะต้องรับน้ำหนักบรรทุกผิวล้อตรงจุดสัมผัสกับผิวถนนจะแบนลงทำให้รัศมีของยางที่จุดนั้นสั้นลงจากเดิม รัศมีของล้อในขณะนี้เรียกว่า รัศมีล้อสถิต (static radius)

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

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

สำหรับการคำนวณเพื่อหาเส้นผ่านศูนย์กลางของยางให้คิดจากสูตรนี้

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

2.14 กงล้อ

กงล้อที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไปนั้นสร้างขึ้นจากเหล็กอัดขึ้นรูปซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะคือ

1. กงล้อแบบผิวอัดลึก เป็นแบบที่ใช้กับรถยนต์นั่งทั่ว ๆ ไป สำหรับความหมายของรหัสนั้นจะบ่งบอกถึงความกว้างของขอบสวมยาง ลักษณะของกงล้อและขนาดวัดผ่านศูนย์กลางของกงล้อ เช่น 3.50 D (16 หมายความว่า กงล้อมีความกว้างของขอบที่สวมยางเท่ากับ 3.50 นิ้ว ลักษณะรูปทรงของกงล้อเป็นแบบ D ขนาดวัดผ่านศูนย์กลางของกงล้อเท่ากับ 16 นิ้ว

2. กงล้อแบบผิวราบ เป็นกงล้อที่ใช้กับรถบรรทุก โดยรหัสที่เขียนไว้นั้นก็จะบอกถึงสิ่งต่าง ๆ เช่นเดียวกับกงล้อแบบผิวอัดลึก เช่นกงล้อแบบ 5.00 S – 20 หมายความว่า ความกว้างของขอบสวมล้อเท่ากับ 5 นิ้ว ลักษณะรูปทรงของกงล้อเป็นแบบ S ขนาดวัดผ่านศูนย์กลางของกงล้อเท่ากับ 20 นิ้ว

2.14.1 กงล้ออะลูมิเนียม

ในปัจจุบันโลหะผสมอะลูมิเนียมมีแนวโน้มที่ถูกเลือกเป็นวัสดุเพื่อผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกลมากขึ้น เช่น ใช้ผลิตกระทะล้อรถยนต์ แต่ก็ประสบปัญหาการผลิตเพราะการผลิตกระทะล้อโดยวิธีการตีขึ้นรูปนั้นจะเสียเวลามาก และยังจะผ่านการกลึงเพื่อแต่งอีกด้วย ฉะนั้นจึงใช้วิธีการหล่อซึ่งประหยัดและสูญเสียโลหะจากการตกแต่งน้อยกว่า สำหรับการหล่อนั้นจะใช้ทรายเป็นแบบหรือแบบหล่อที่เป็นโลหะก็ได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมนั้น การออกแบบกระทะล้อนั้นต้องคำนึงถึงหลักการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. พยายามหลีกเลี่ยงการออกแบบให้มีชิ้นส่วนยื่นออกมาน้อยที่สุด
2. การพยายามให้มีความหนาเท่ากันตลอด
3. ออกแบบต้องเผื่อไว้สำหรับการหดตัวของโลหะและการตกแต่ง
4. ชิ้นส่วนควรมีพื้นที่หน้าตัดไม่แตกต่างกันมาก หรือต้องไม่เปลี่ยนแปลงขนาดอย่างกระทันหัน
5. ส่วนที่ต่อกันไม่ควรเป็นมุมฉากหรือหักทันที เพราะทำให้เกิด Stress concentration บริเวณนี้มักจะเย็นตัวช้ากว่าบริเวณอื่น จึงทำให้เกิดโพรงขึ้นภายใน เป็นการลดความแข็งแรงของงานหล่อลงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบมาตรฐานของกงล้อนั้นมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีของการตรวจสอบมาตรฐานสินค้า สำหรับกงล้อที่ได้มาตรฐานจะมีสัญลักษณะติดไว้ เช่น

TUV เป็นสัญลักษณ์รับรองมาตรฐานสินค้าของประเทศเยอรมัน

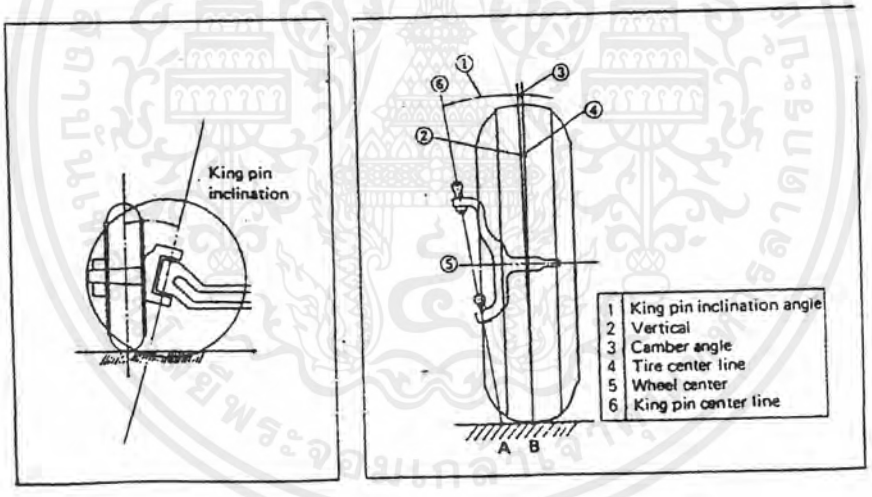
VIA JWL เป็นสัญลักษณ์รับรองมาตรฐานสินค้าของประเทศญี่ปุ่น

2.15 มุมของล้อหน้า

มุมของล้อหน้าเป็นระบบที่สำคัญที่ช่วยให้รถยนต์แล่นไปในทางตรง และบังคับเลี้ยวได้อย่างสะดวกสบาย การทรงตัวของรถดี และป้องกันสึกหรอของยางได้ด้วย ล้อหน้าของรถยนต์ติดตั้งอยู่บนแกนล้อหน้าตามที่มุมกำหนด ถ้ามุมใดมุมหนึ่งเกิดปัญหา จะส่งผลกระทบกระเทือนถึงการขับขี่และการสึกหรอของยางด้วย

หน้าที่ของมุมของล้อหน้า พอสรุปได้ดังนี้

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



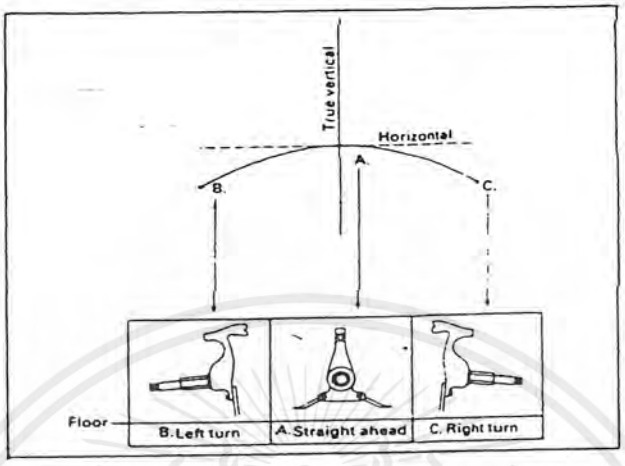
รูปที่ 2-13 การแสดงมุมต่าง ๆ ของล้อหน้า

2.15.1 การเอียงของแกนสลักล้อ (King Pin or Steering Axis Inclination)

เส้นผ่าศูนย์กลางของสลักล้อไม่ได้อยู่ในแนวดิ่งกับผิวถนน แต่เอียงเข้าด้านในการเอียงของแกนสลักล้อช่วยให้รถแล่นตรงไปข้างหน้า หลังจากหมุนพวงมาลัยไปแล้ว เมื่อหมุนพวงมาลัยล้อหน้าจะหมุนไปรอบ ๆ แกนสลักล้อ ทำให้รถเลี้ยวซ้ายแลกะขวาตามต้องการจากรูป 2-14 จะเห็นว่าเมื่อเลี้ยวรถ ปลายแกนล้อจะถูกกดให้ต่ำลงแกนล้อจะอยู่ใน 3 ลักษณะ รูป A ล้ออยู่ในตำแหน่งตรง ระยะทางระหว่างปลายแกนล้อกับพื้นถนนเป็นระยะหนึ่ง ถ้าหมุนพวงมาลัยให้รถเลี้ยวขวาหรือซ้าย ก็จะเป็นดังรูป B และ C เมื่อวัดระยะความสูงจากพื้นถึงแกนล้อ จะพบว่าเมื่อรถเลี้ยวนั้น ความสูงจากพื้นถึงแกนล้อน้อยกว่าระยะเมื่อรถตรงไปข้างหน้า แต่โดยข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท็จจริงแล้ว ปลายแกนล้อไม่สามารถถูกกดลงไปได้ ดังนั้นตัวรถจึงต้องถูกยกขึ้นขณะเลี้ยว เมื่อปล่อยพวงมาลัย น้ำหนักของรถกดให้ล้อกลับมาอยู่ในตำแหน่งตรงไปตามเดิม ทำให้รถแล่นตรงไป พวงมาลัยหมุนกลับได้เอง ด้วยเหตุผลดังกล่าวมาแล้วนี้ มุมเอียงของแกนสลักล้อปกติจะเอียงประมาณ 5 –8 องศา



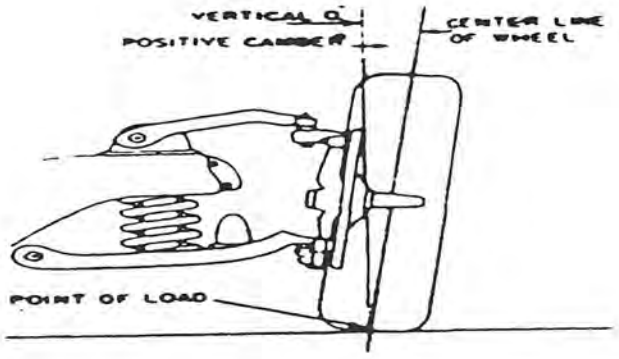
รูปที่ 2-14 แสดงระยะความสูงของปลายแกนสลักล้อกับพื้น

ในกรณีของระบบอิสระปีกนกที่ใช้ลูกหมาก (Ball Joint) เส้นที่ลากผ่านศูนย์กลางของลูกหมาก ตัวบน และตัวล่างที่เป็นมุมเอียงนี้ เป็นมุมเอียงของแกนสลักล้อ มุมเอียงของรถที่ใช้ลูกหมากนี้ บางทีก็เรียกว่ามุมเอียงของแกนสลักล้อ (Steering Axis Inclination) หรือมุมของลูกหมาก (Ball Joint Angle) จากรูปที่ 2-14 ระยะทางระหว่างจุด B ซึ่งเป็นจุดที่ยางสัมผัสกับถนน และจุด A ซึ่งเป็นจุดที่ลากเส้นผ่านลูกหมากทั้งสองตัดกับพื้นถนนเรียกว่า ระยะเยื้อง (Offset) ถ้าระยะนี้มากเกินไป จะทำให้พวงมาลัยหนัก ถ้าระยะเยื้องนี้ไม่เพียงพอก็จะทำให้พวงมาลัยไว ซึ่งไม่เป็นผลดีในขณะห้ามล้อ หรือขณะที่รถแล่นไปบนถนนที่ขรุขระ ปกติระยะเยื้องนี้ประมาณ 30 –40 มม.

2.15.2 แคมเบอร์ (Camber)

มุมนี้เป็นมุมเอียงของยางที่แนวศูนย์กลางของยางเอียงออกจากแนวดิ่ง ถ้าศูนย์กลางของยางเอียงออกจากแนวดิ่ง เรียกว่า แคมเบอร์บวก (Positive Camber) แต่ถ้าศูนย์กลางของยางเอียงเข้าด้านในจากแนวดิ่ง เรียกว่า แคมเบอร์ลบ (Negative Camber) แต่ถ้าศูนย์กลางของยาวกับแนวดิ่งเป็นเส้นเดียวกับ เรียกว่า มุมแคมเบอร์เป็นศูนย์ (Zero Camber) การวัดค่าของมุมนี้วัดเป็นองศา มุมแคมเบอร์ทั่ว ๆ ไป ประมาณ 1 –3 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-15 มุมแคมเบอร์บวก

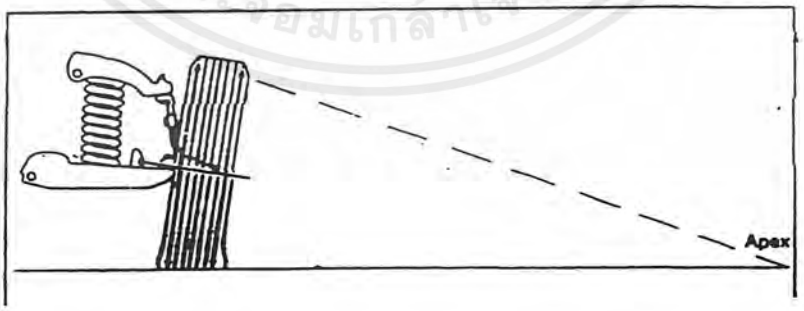
มุมแคมเบอร์ของรถส่วนมากเป็นบวก ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเอียงเข้าใน ขณะที่รถรับน้ำหนักหรือเมื่อแบริ่งสึกหรอ ทั้งนี้เพราะการที่แคมเบอร์เป็นบวกนั้นเมื่อรถรับน้ำหนัก หรือแบริ่งสึกหรอ และล้อหมุนไปจะทำให้ล้ออยู่ในแนวดิ่ง

วัตถุประสงค์ของมุมแคมเบอร์ คือ

1. ทำให้พวงมาลัยเบา
2. เพื่อให้จุดสัมผัสกับถนนอยู่ใกล้กับแนวที่น้ำหนักกดมากที่สุด
3. ป้องกันการสึกหรอของยาง

รถยนต์ส่วนมากได้ออกแบบให้ ล้อหน้าเปลี่ยนเป็นแคมเบอร์ลบเล็กน้อย เมื่อล้อยกขึ้นผ่านสิ่งกีดขวางและจะกับเป็นแคมเบอร์บวกหรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อล้อกับสู่สภาพปกติ

เมื่อรถเลี้ยว ล้อหน้าด้านนอกจะเป็นมุมแคมเบอร์ลบ เพราะแรงเหวี่ยงจะกดลงที่ล้อด้านนอกตัวรถด้านนอกจะต่ำลงแต่ด้านในจะยกสูงขึ้น เนื่องจากน้ำหนักแรงเหวี่ยงนี้ทำให้ล้อหน้าด้านในเป็นมุมแคมเบอร์มากขึ้น จากรูปจะเห็นว่าหน้าของยางสัมผัสกับผิวถนนอย่างสมบูรณ์



รูปที่ 2-16 แสดงการที่ล้อจะกลิ้งเป็นวงรูปกรวย

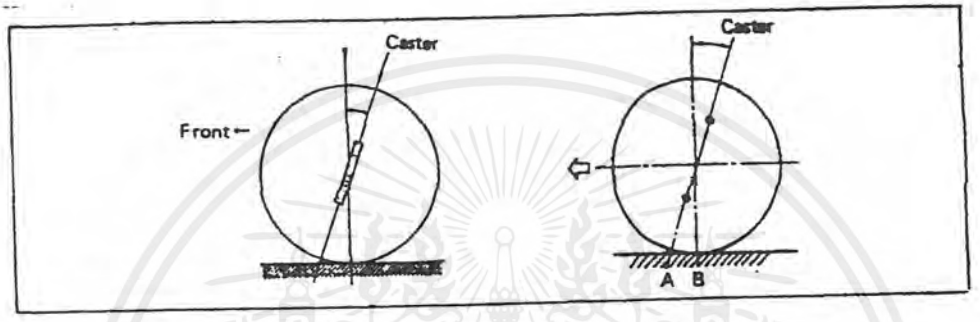
มุมแคมเบอร์นี้ยังมีผลต่อการควงคุมรถยนต์ในสภาพถนนหลังเต่าอีกด้วย ให้สังเกตุเส้นทั้งสองที่มาจากการเอียงของยางกับพื้นถนนจะตัดกันที่จุด ๆ หนึ่ง การเอียงของยางนั้นจะทำให้ยางหมุนไปรอบ ๆ จุดตัดหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด Apex ดังรูปที่ 2-16 ซึ่งก็จะเป็นรูปกรวย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าล้อจะถูกดึงไปด้านหนึ่ง จากเหตุผลดังกล่าวนี้ บริษัทผู้ผลิตรถยนต์บางบริษัท จึงแนะนำ ให้ตั้งมุมแคมเบอร์ของล้อทั้งสองไม่เท่ากัน ทั้งนี้ตามสภาพการเอียงของถนน หรือตามลักษณะการขับรถชิดซ้ายหรือขวา

ปัจจุบันรถยนต์ได้ออกแบบให้มุมแคมเบอร์น้อยลงเพราะ

1. หน้ายางกว้างขึ้น
2. เส้นผ่าศูนย์กลางของยางลดลง
3. รถยนต์มีความเร็วสูงขึ้น

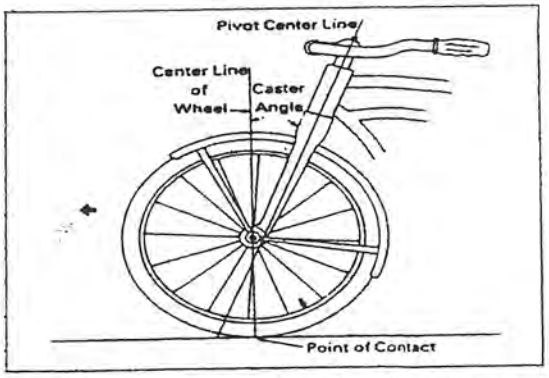


รูปที่ 2-17 มุมคาสเตอร์

2.15.3 คาสเตอร์ (Caster)

การเอียงของสลักล้อของล้อหน้า เมื่อมองทางด้านข้างของรถ จะพบว่าสลักล้อไม่ได้อยู่ในแนวดิ่ง สำหรับรถที่ใช้ลูกหมากแทนสลักล้อ เส้นตรงที่ลากผ่านลูกหมากอันบนกับอันล่างที่เอียงไปจากแนวดิ่ง ก็เป็นมุมคาสเตอร์เช่นกัน เส้นผ่าศูนย์กลางที่ลากผ่านลูกหมากหรือการเอียงของสลักล้อนี้ เมื่อลากเส้นตรงไปสัมผัสกับผิวถนน จะอยู่หน้าเส้นดิ่งที่ลากผ่านศูนย์กลางของยางมาสัมผัสกับผิวถนน มุมคาสเตอร์เช่นนี้เรียกว่า คาสเตอร์บวกซึ่งจะเป็นผลให้รถตรงไปข้างหน้าเสมอ แม้ว่าจะหมุนพวงมาลัยให้รถเลี้ยวแล้วก็ตาม ล้อก็จะหมุนกลับได้เองโดยอัตโนมัติ อาการเช่นนี้เรียกว่า ผลของคาสเตอร์ (Caster Effect)

ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ คาสเตอร์ของจักรยานทำให้ผู้ขับขี่ปล่อยมือได้ โดยจักรยานยังคงตรงไปได้ตลอดเวลา



รูปที่ 2-18 มุมคาสเตอร์ของล้อหน้ารถจักรยาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2-17 ระยะทางระหว่างจุด A กับจุด B เรียกว่า " Caster Trial " เมื่อจุด A อยู่หน้าจุด B สลักล้อเอียงไปทางด้านหลังเรียกว่า คาสเตอร์บวก (Positive Caster) แต่ถ้าจุด A อยู่หลังจุด B สลักล้อเอียงไปทางด้านหน้าเรียกว่า คาสเตอร์ลบ (Negative Caster)

รถยนต์ปัจจุบันได้ออกแบบล้อหน้าเป็นอิสระ หน้ายางกว้างขึ้น ทำให้การเอียงสลักล้อ(Steering Caster Axis Inclination) ในรถได้รับการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยผู้ผลิตรถยนต์ได้ตั้งมุมคาสเตอร์เป็นลบ ซึ่งการตั้งให้คาสเตอร์เป็นลบนี้ ทำให้หมุนพวงมาลัยเบา

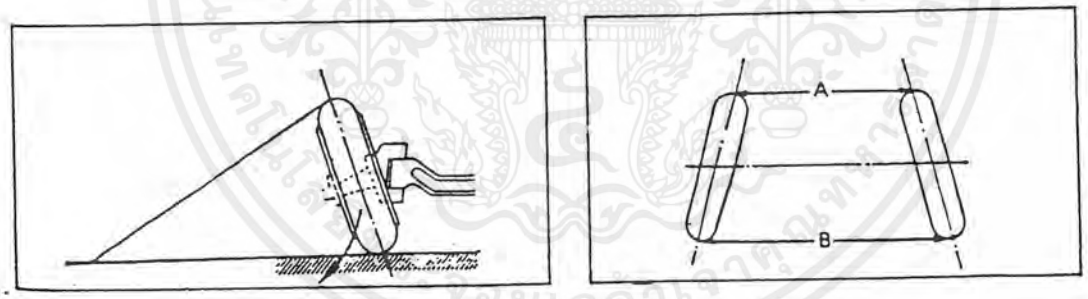
นอกจากนี้ควรจำไว้ว่า ถ้าผู้ใช้รถต้องการใช้ยางที่มีหน้ากว้างกว่าที่บริษัทผู้ผลิตรถยนต์ติดตั้งมากับรถ ก็ควรจะต้องปรับมุมคาสเตอร์ให้เป็นบวกน้อยลง หรือเป็นลบเล็กน้อย ทั้งนี้เพื่อให้พวงมาลัยเบาขึ้น หรือใช้แรงหมุนพวงมาลัยน้อยลง

อีกประการหนึ่งการที่ถนนมีลักษณะเป็นรูปหลังเต่า หรือลาดเอียงด้านใดด้านหนึ่งเพื่อให้น้ำไหลได้สะดวก ก็มีผลต่อการบังคับเลี้ยวเช่นกัน เพราะรถจะถูกดึงไปด้านใดด้านหนึ่งเมื่อมุมคาสเตอร์ของล้อทั้งสองเท่ากัน ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหานี้จึงได้มีการแนะนำให้ตั้งมุมคาสเตอร์ทั้งสองข้างไม่เท่ากัน โดยรถที่ขับชิดซ้ายให้ตั้งให้ล้อซ้ายมีค่ามากกว่า ¼ - ½ องศา ทั้งนี้เพื่อชดเชยสภาพการเอียงของถนน

รถยนต์นั่งรุ่นใหม่บางชนิด มุมคาสเตอร์เป็นศูนย์ (0) หรือเป็นลบ เพราะเหตุว่า

1. หน้ายางที่กว้าง ทำให้จุดสัมผัสกับถนนกว้าง เป็นเหตุให้พวงมาลัยหนัก

2. การพัฒนาดอกยางให้เหมาะกับรถที่มีความเร็วสูง จุดที่ยางสัมผัสกับถนนจะเลื่อนไปอยู่ข้างหลัง ด้วยเหตุนี้จะทำให้มุมคาสเตอร์โตขึ้น



(ก) (ข)

รูปที่ 2-19 (ก) แสดงการเอียงของล้อ ทำให้ล้อกลิ้งออกด้านนอก (มุมแคมเบอร์)
(ข) แสดงด้านหน้าของล้อหน้าแคบกว่าด้านหลังของล้อหน้า

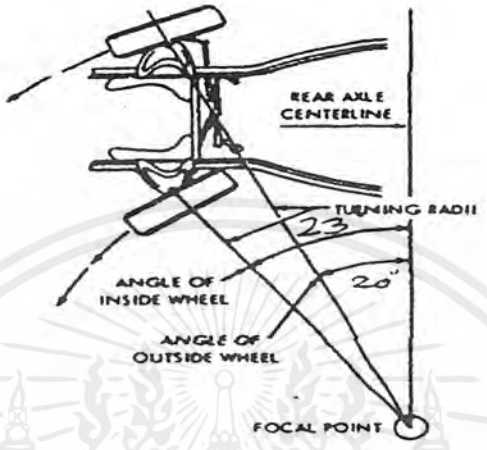
2.15.4 โทอิน – โทเอาท์ (Toe – in, Toe – out)

เมื่อมองจากด้านบนของล้อหน้าลงมาจะพบว่า ด้านหน้าของล้อหน้าแคบดว่าด้านหลังของล้อหน้าเล็กน้อย การที่ด้านหน้าของล้อหน้าแคบดว่าด้านหลังของล้อหน้านี้เรียกว่า " โทอิน " แต่ถ้าด้านหน้าของล้อหน้ากว้างกว่าด้านหลังของล้อหน้าเรียกว่า " โทเอาท์ "

จากการที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การที่ล้อเอียงออกด้านนอก เพื่อให้เกิดมุมแคมเบอร์ขึ้นนั้น ในขณะที่ล้อหมุนไป การหมุนของล้อจะทำให้เกิดเป็นรูปกรวยขึ้น ตามรูป อันจะเป็นผลให้ยางสึกหรอเสียหายได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกัน อาการที่เกิดขึ้นดังกล่าว จึงทำให้ล้อหน้าหมุนเข้าหากัน เป็นการแก้อาการที่เกิดขึ้นจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคมเบอร์ ผลของการแก้ปัญหานี้ทำให้เป็นการป้องกันยางลื่นไถล และทำให้รถแล่นตรงไปข้างหน้าด้วย วิธีการติดตั้งล้อเช่นนี้เรียกว่า 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 Radians)

ขณะเลี้ยวรถ ล้อด้านนอกจะเลี้ยวโค้งในมุมที่แคบกว่าล้อด้านใน มุมของการเลี้ยวรถนี้มีความสัมพันธ์กับการออกแบบมุมต่าง ๆ ของล้อหน้า บางทีก็เรียกว่า มุมโทเอาท์ ขณะเลี้ยว นอกจากนั้นมุมของการเลี้ยวรถนี้ ยังมีความสำคัญเป็นอย่างมากเกี่ยวกับการเพิ่มขนาดของยาง และความเร็วของรถด้วย

2.16 การคำนวณหาขนาดโซ่

ในทางปฏิบัติการคำนวณหาขนาดโซ่มักจะใช้วิธีเลือกขนาดโซ่จากแค็ตตาล็อกของบริษัทผู้ผลิตโซ่ โดยทำตามคำแนะนำในแค็ตตาล็อกนั้นซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป หลังจากที่เลือกขนาดโซ่ได้แล้ว อาจตรวจสอบว่าจะใช้งานได้หรือไม่ด้วยสมการ

$$F = F_b / N_b \qquad (2.30)$$

โดยที่ F_b = แรงแตกหักน้อยที่สุดของโซ่

N_b = ค่าความปลอดภัยซึ่งควรมีค่าระหว่าง 7 ถึง 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซ่โรลเล่อร์ ในการเลือกขนาดโซ่จะต้องทราบข้อมูลดังต่อไปนี้คือ

- กำลังงานที่ต้องการส่งเป็น kW
- ความเร็วรอบของเพลาขับและเพลาตามเป็น rpm
- การใช้งาน เช่น ชนิดของอุปกรณ์ขับและอุปกรณ์ที่ต้องการขับ

2.16.1 ขั้นตอนการหาขนาดโซ่

จากข้อมูลดังกล่าวนี้จึงเริ่มต้นการเลือกขนาดโซ่ตามขั้นตอนดังนี้คือ หาจำนวนฟันของพิเนียน (คือ จำนวนฟันบนเฟืองโซ่เล็ก) เพื่อให้โซ่มีอายุใช้งานได้มีอายุใช้งานได้สูงสุด ทำงานได้อย่างราบรื่นและมีสมรรถนะที่อำนวยประโยชน์ที่สุด การหาจำนวนฟันบนพิเนียนควรพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

ในการขับส่วนมากจะใช้จำนวนพิตช์ของโซ่เป็นเลขคู่และใช้พิเนียนที่มีฟันเป็นเลขคี่เพื่อให้แน่ใจได้ว่าโซ่และฟันบนพิเนียนจะเกิดการสึกหรออย่างสม่ำเสมอ

โดยทั่วไปแล้วถ้าเป็นการขับอย่างสม่ำเสมอพิเนียนไม่ควรมีฟันน้อยกว่า 17 ฟัน เนื่องจากว่าโซ่วางตัวบนพิเนียนในลักษณะของรูปหลายเหลี่ยมทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้จะน้อยมากเมื่อพิเนียนมีจำนวนฟันมากขึ้น คือมากกว่า 17 ฟัน

ถ้ามีการกระตุกเล็กน้อยควรใช้พิเนียนที่มีจำนวนฟันอย่างน้อย 23 ฟัน พิเนียนควรผ่านกรรมวิธีทางความร้อน ให้มีความแข็ง HV 10 –550

คำนวณหาอัตราทดที่ต้องการได้จากอัตราทด

m_ω = ความเร็วรอบของเพลารอบสูง / ความเร็วรอบของเพลารอบต่ำ

= n1 / n2

คำนวณหาจำนวนฟันบนเฟืองโซ่ใหญ่โดยการคูณจำนวนฟันบนพิเนียนด้วยอัตราทด ถ้าจำนวนฟันที่ได้ไม่เหมาะสมก็ให้เลือกใช้พิเนียนให้มีจำนวนฟันมากขึ้น และมีอัตราทดตามต้องการ จำนวนฟันของเฟืองโซ่ที่ใช้กับโซ่ระยะพิตช์ต่าง ๆ

เพื่อให้โซ่มีอายุใช้งานที่ยาวนานและอำนวยประโยชน์ที่สุด จำนวนฟันของเฟืองโซ่ ไม่ควรมากกว่า 120 ฟัน

จำนวนฟันของเฟืองโซ่

11	12	13	14	15	17	19	20	21	23
25	27	30	38	57	76	95	114	150	

คำนวณหากำลังที่ใช้เลือกโซ่ P ได้โดยการคูณกำลังที่ต้องการส่งด้วยตัวประกอบใช้งานที่หาได้จากตารางที่ ก-2 เพราะฉะนั้น กำลังที่ใช้เลือกโซ่

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับโซ่เพื่อใช้ประกอบในการเลือกขนาดโซ่ ซึ่งจะมีลักษณะของการใช้งาน คือ แรงกระทำมีการกระตุกมาก

2.17 ประสิทธิภาพของการห้ามล้อ

วัดได้จากอัตราหน่วงเทียบกับอัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (g) ซึ่งเท่ากับ 9.81 m/s^2

ประสิทธิภาพของการห้ามล้อ = อัตราหน่วงของรถ (f) x 100/อัตราเร่ง (g)

ถ้าอัตราหน่วงมีค่าเท่ากับอัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก ประสิทธิภาพการห้ามล้อจะเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์

2.18 ล้อช่วยแรง

ล้อช่วยแรง (fly wheel) เป็นส่วนที่สำคัญต่อเครื่องยนต์ ช่วยทำให้เครื่องยนต์หมุนได้สม่ำเสมอในเครื่องยนต์รอบช้าจะมีล้อช่วยแรงใหญ่กว่าเครื่องที่มีความเร็วสูงขนาดแรงม้าเท่ากัน เพราะต้องใช้ล้อช่วยแรงตุนกำลังหรือแรงจากการระเบิดมาผลักให้ลูกสูบเลื่อนขึ้นในจังหวะอัด

หน้าที่ของล้อช่วยแรง ล้อช่วยแรงมีหน้าที่ที่สำคัญดังต่อไปนี้

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

2.18.1 ผลของล้อช่วยแรง (Flywheel effect)

เนื่องจากล้อช่วยแรงต้องทำหน้าที่ดังที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นน้ำหนักและรัศมีของขอบล้อช่วยแรงจึงมีส่วนสำคัญต่อผลของล้อช่วยแรง ซึ่งมีค่าเท่ากับ WR^2 เมื่อกำหนดให้ W = น้ำหนักของล้อช่วยแรง R = ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของล้อช่วยแรงถึงจุดศูนย์ถ่วงของหน้าตัดของขอบ ระยะ R นี้เรียกว่า รัศมีการหมุน (Radius of gyration) แทนรัศมีจริง ๆ การใช้รัศมีภายนอกแทนค่ารัศมีการหมุนจะทำให้ค่า WR^2 มากขึ้นจากความเป็นจริงไปบ้าง แต่ถ้าไม่นำน้ำหนักของแขนมาคิดด้วยค่าของ WR^2 จึงคิดค่า R เป็นครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ค่านี้จึงเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

น้ำหนักของล้อช่วยแรง (Flywheel-rim weight) อาจคำนวณได้จากสูตร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ a = พื้นที่หน้าตัด (เมตร)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (เมตร)

h = ความหนาในทางรัศมีของขอบ (เมตร)

w = น้ำหนักจำเพาะ = 733.82 กิโลนิวตัน/ลูกบาศก์เมตร สำหรับเหล็กหล่อ และ
795.91 กิโลนิวตัน/ลูกบาศก์เมตร สำหรับเหล็กกล้าหล่อหรือดัดขึ้นรูป

W = น้ำหนักของขอบล้อช่วยแรง

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก 9.81 เมตร/วินาที^{2}

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

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

อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ($n_1 - n_2$) ต่อความเร็วเฉลี่ยเรียกว่า สัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอของการหมุน (coefficient uniformity) ใช้แทนค่าด้วย u

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

ค่าของการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ($n_1 - n_2$) ยิ่งน้อย แสดงว่าความสม่ำเสมอของการหมุนยิ่งมากขึ้น

สัมประสิทธิ์ของความคงที่ (Coefficient of steadiness) เพื่อสะดวกในการเรียกและความเข้าใจจึงใช้ส่วนกลับของสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอของการหมุนเป็นสัมประสิทธิ์ของความคงที่ และแทนค่าด้วย m ดังนั้นเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้ คือ

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

ถ้าทราบค่าผลของล้อช่วยแรง WR^2 ความเร็วเฉลี่ย n รอบ/นาที และแรงม้า N

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

C เป็นค่าสัมประสิทธิ์ตัวหนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่อง จำนวนสูบ และเราทราบค่า C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสัมประสิทธิ์ของความคงที่จะเป็นตัวบ่งบอกว่าควรจะเป็นโหลดแบบใด เช่นการขับแบบให้การยืดหยุ่น (Flexible drive) คือ สายพานหรือข้อต่อหยุ่นตัวได้ (flexible coupling) การเปลี่ยนแปลงความเร็วเป็นจังหวะของเครื่อง จึงถูกกลืนหายไปหรือลดลงด้วยการหยุ่นตัวของข้อต่ออ่อนนี้

ในกรณีนี้ เราอาจลดน้ำหนักของล้อช่วยแรงลงได้ ซึ่งจะมีสัมประสิทธิ์ของความคงที่น้อยลง สำหรับการขับแบบแข็ง จำเป็นต้องใช้ล้อช่วยแรงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความคงที่สูง

การหาตำแหน่งศูนย์ตายบน

การหาศูนย์ตายบนของเครื่องเป็นเรื่องสำคัญ เพราะปัจจุบันมักจะนิยมติดตั้งเครื่องปรับอากาศซึ่งต้องเปลี่ยนพูลเลย์ (mm) และมักไม่มีเครื่องหมายบนพูลเลย์ ซึ่งจะทำให้การตั้งไฟหรือตั้งปั๊มคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นจึงต้องทำเครื่องหมายศูนย์ตายบนที่พูลเลย์หรือล้อช่วยแรง ที่นำมาติดตั้งใหม่ ก่อนอื่นต้องถอดหัวเทียนหรือหัวฉีดออก แล้วใช้แท่งเหล็กใส่ลงไปให้ติดอยู่บนหัวลูกสูบ ติดตั้งเข็มสำหรับชี้บอกไว้ที่แท่งเหล็ก 1 ตำแหน่ง และชี้ที่ล้อช่วยแรงหรือพลูเลย์ 1 ตำแหน่ง ถ้ามีอยู่เดิมแล้วก็ใช้ของเดิม หมุนให้ลูกสูบเคลื่อนมาอยู่ที่ก่อนถึงศูนย์ตายบนเล็กน้อยคือ ประมาณ 1/8 ของระยะเลื่อน แล้วทำเครื่องหมายที่แท่งเหล็ก P ทำเครื่องหมายที่พูลเลย์หรือล้อช่วยแรงที่จุด X แล้วหมุนต่อไปจนลูกสูบคล้อยศูนย์ตายบนเล็กน้อย คอยสังเกตที่แท่งเหล็กจนจุด P จะเลื่อนมาตรงกับเข็มแล้วจึงทำเครื่องหมายที่พูลเลย์หรือล้อช่วยแรงที่ Y เมื่อแบ่งครึ่ง XY ที่ T จุด T ก็คือจุดศูนย์ตายบน (TDC) หลังจากนั้นก็สามารถหาตำแหน่งเริ่มฉีดได้ถ้าทราบค่ากำหนดการฉีดล่วงหน้า โดยการแบ่งอาศาที่พูลเลย์ หรือล้อช่วยแรงตามต้องการ

เสียงน็อคของล้อช่วยแรง ล้อช่วยแรงที่ยึดกับเพลาข้อเหวี่ยงด้วยลิ่มปลายเรียว จะมีอาการกระแทกด้านข้างของลิ่มและร่องลิ่ม ร่องลิ่มเมื่อใช้งานไปนาน ๆ จะเกิดการสึกหรอ และถ้าเกิดการหลวงขึ้นก็จะมีเสียงดังเรียกว่าล้อช่วยแรงน็อค (Flywheel knock) การน็อคนี้จะเพิ่มความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ และจะทำให้ลิ่มแลกะร่องลิ่มชำรุด หรืออาจทำให้เพลาข้อเหวี่ยงแตก

ส่วนล้อช่วยแรงที่ยึดด้วยนอตก็เช่นเดียวกัน ถ้าหากนอตหลวมก็เกิดเสียงน็อค เสียงน็อคคล้ายคลึงกับเสียงแบริ่งละลาย ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องใช้ความละเอียดและประสบการณ์จึงจะทำได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการคำนวณ

3.1 การคำนวณหาแรงขับเคลื่อนของรถยนต์

พิจารณาเมื่อรถยนต์วิ่งด้วยความเร็วคงที่ แรงขับเคลื่อนของรถยนต์จะมีค่าเท่ากับแรงต้านทานการเคลื่อนที่ในขณะนั้น

3.1.1 การหาแรงต้านทานการเคลื่อนที่

แรงต้านทานการหมุนของล้อ

$$R_r = K_r . W \qquad (3.1)$$

จากถนนลาดยางหรือถนนคอนกรีตสภาพดีพอใช้ K_r=0.02 มวลรถ 80 กิโลกรัม

$$R_r = 0.02 \times 80 \times 9.81$$
$$= 15.696 \text{ N}$$

เพราะฉะนั้นแรงต้านทานการหมุนของล้อเท่ากับ 15.696 N

แรงต้านทานจากอากาศ

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

$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^2$

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

$C_d = 0.3$

พื้นที่หน้าตัดรถมีค่าประมาณ (ความกว้างของรถ x ความสูงของรถ)

$A = 1 \times 0.6858$

$= 0.6858 \text{ m}^2$

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

$= 8.9 \text{ N}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากกำหนดให้รถวิ่งเฉพาะพื้นราบเท่านั้นจึงไม่มีแรงต้านทานการเคลื่อนที่จากทางชัน ดังนั้น แรงต้านทานการเคลื่อนที่รวมจึงมีค่าเท่ากับ

$$R_t = R_a + R_r \tag{3.3}$$

$$= 8.9 + 15.696$$

$$= 24.61 \text{ N}$$

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

$$P_w = F \cdot V$$

$$= 24.61 \times (30/3.6)$$

$$= 246.1 \text{ W}$$

เพราะฉะนั้นกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนที่เครื่องยนต์

$$P_e = P_w / \eta_t \tag{3.4}$$

เมื่อประสิทธิภาพของชุดส่งกำลังมีค่าเท่ากับ 90 %

$$P_e = 246.1 / 0.9$$

$$= 273.44 \text{ W}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 หาแรงบิดที่ล้อขับเคลื่อน

$$T_w = F \cdot R$$

$$R_{ล้อ} = 0.394 \text{ m}$$

$$= 24.61 \times 0.394$$

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

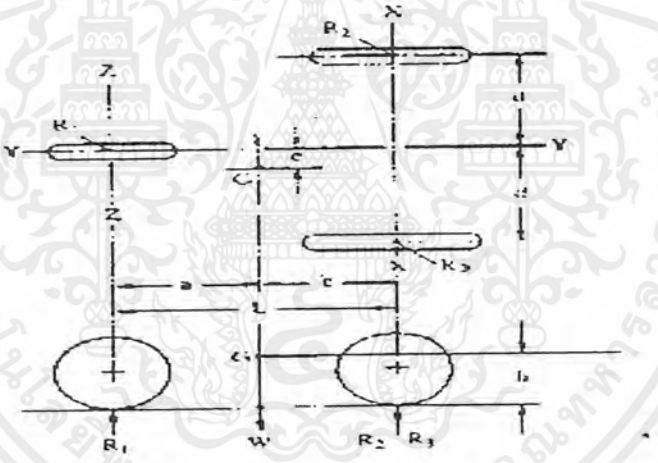
ถ้าอัตราทดเกียร์สูงสุดเท่ากับ 4.5 : 1 และมีประสิทธิภาพชุดส่งกำลังเท่ากับ 90 %

$$T_e = T_w / \eta_t$$

$$= 9.696 / 0.9$$

$$= 10.77 \text{ N.m}$$

3.2 การหาน้ำหนักที่กระทำกับล้อ



รูปที่ 3-1 น้ำหนักที่กระทำกับล้อ

การหาน้ำหนักที่กระทำกับล้อ

a = 1200 mm

b = 200 mm

d = 400 mm

l = 1400 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= (168.17 \times 30) + 168.17(30+70)$

$= 21862.1$ N.mm

จากภาคผนวก วัสดุ Stainless Steel AISI 304 Austenite

$\sigma_y = 35$ ksi

$= 35 \times 6.895$

$= 241.325$ N/mm^2

ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2

$\sigma_d = 120.66$ N/mm^2

จาก

$$\sigma_d = Mc/I \tag{3.4}$$

โดยที่

$H = 250$ mm

$W = 80$ kg.

$= 784.8$ N

พิจารณาโมเมนต์รอบแกน xx จะได้

$R_1 L = wb$

$$R_1 = wb/L \tag{3.5}$$

แทนค่า

$R_1 = (784.8 \times 200)/ 1400$

$= 112.11$ N

พิจารณาโมเมนต์รอบแกน yy จะได้

$R_3 d = R_2 d$

$R_3 = R_2$

$$R_2 L + R_3 L = wa \tag{3.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่

$$R_3 = R_2$$

$$R_3L + R_3L = wa$$

$$2R_3L = wa$$

$$R_3 = wa/\ 2L \qquad (3.7)$$

แทนค่า

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

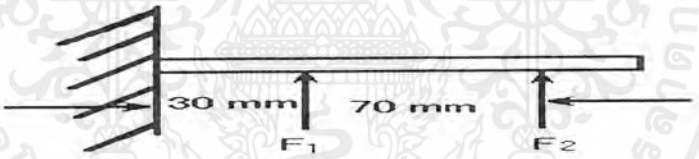
$$= 336.34\ N$$

$$R_3 = R_2$$

$$= 336.34\ N$$

3.3 การหาขนาดชิ้นส่วนของโครงรถ

3.3.1 การคำนวณหาขนาดแกนล้อหน้า



รูปที่ 3-2 แสดงแรงที่กระทำกับแกนล้อหน้า

($M_A = 0$)

$$M_A = Fa + F(a+b) \qquad (3.8)$$

$$= (21862.1 \times d/2)/(\pi d^4/64)$$

$$120.66 = 10931.05 \times (64/\pi d^3)$$

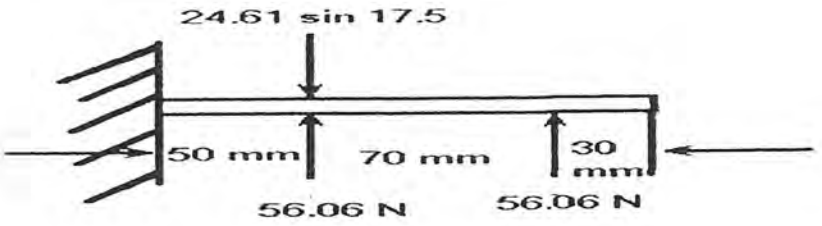
$$d^3 = 10931.05 \times 64\ /(\pi \times 120.66)$$

$$d = 12.26\ mm$$

เลือกเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนล้อหน้ามีขนาดเท่ากับ 13 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การคำนวณหาขนาดแกนล้อหลัง



รูปที่ 3-3 แสดงแรงที่กระทำกับแกนล้อหลัง

($M_A = 0$)

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

จากภาคผนวก วัสดุ Stainless Steel AISI 304 Austenite

$$\sigma_y = 35 \text{ ksi}$$
$$= 35 \times 6.895$$
$$= 241.325 \text{ N/mm}^2$$

ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2

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

จาก

$$\sigma_d = Mc/I$$
$$C = D/2$$
$$I = \pi D^4/64$$

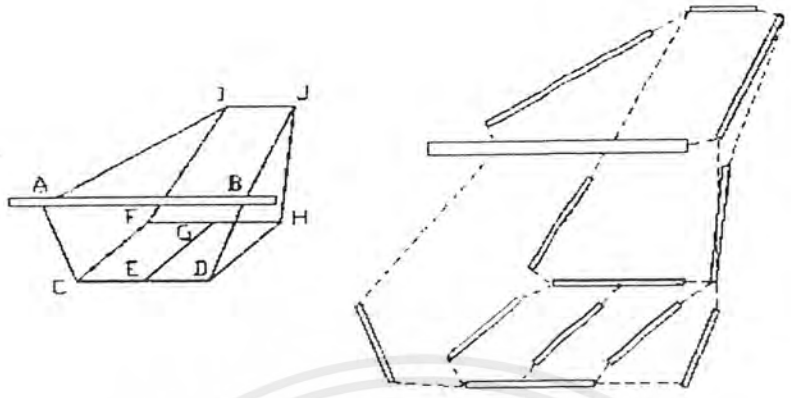
แทนค่า

$$120.66 = (9160.18 \times D/2)/(\pi D^4/64)$$
$$120.66 = (4580.09 \times 64)/(\pi D^3)$$
$$D = 9.17 \text{ mm}$$

เลือกเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนล้อหน้ามีขนาดเท่ากับ 10 mm

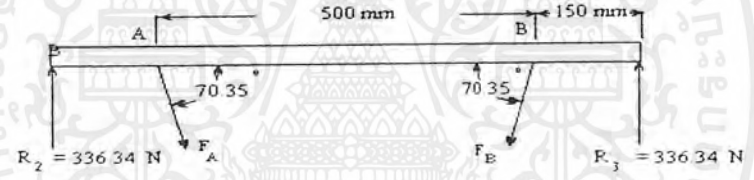
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การหาขนาดท่อเหล็กช่วงห้องผู้ขับขี่



รูปที่ 3-4 แสดงชิ้นส่วนประกอบของห้องผู้ขับขี่

พิจารณาชิ้นส่วน คานหน้า AB



รูปที่ 3-5 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วนคานหน้า

$(M_A = 0)$

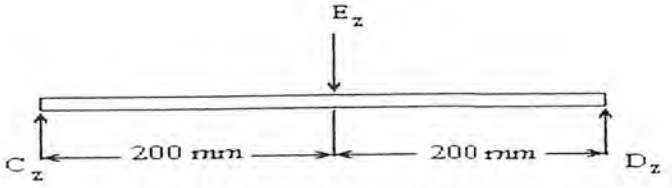
$$(F_B \sin 70.35 \times 500) + (336.34 \times 150) = 336.34 \times 650$$

$$F_B = 357.13\ N$$

$(M_B = 0)$

$$F_B = 357.13\ N$$

พิจารณาชิ้นส่วน CD



รูปที่ 3-6 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน CD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

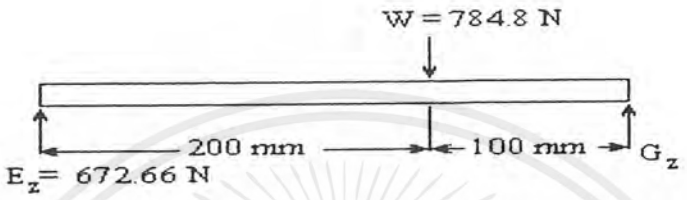
$$F_A = F_B = C_Z = D_Z$$

($M_Z = 0$)

$$E_Z = (C_Z + D_Z) \cos 19.65$$

$$= 672.66 \text{ N}$$

พิจารณาชิ้นส่วน EG



รูปที่ 3-7 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน EG

($M_Z = 0$)

$$G_Z = 784.8 - 672.66$$

$$= 112.14 \text{ N}$$

พิจารณาชิ้นส่วน FH

รูปที่ 3-8 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน FH

($M_Z = 0$)

$$F_Z = H_Z = 112.14 / 2$$

$$= 56.07 \text{ N}$$

พิจารณาที่จุด H

$$H_X = H_Z \cos 44$$

$$= 40.33 \text{ N}$$

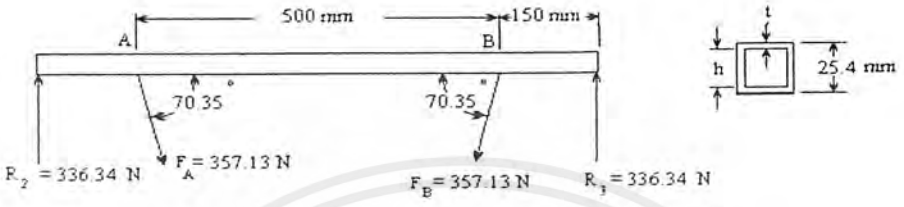
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาชิ้นส่วน DH

$(F_x = 0)$

$H_X = D_x = 40.33$ N

การหาขนาดคานหน้า AB



รูปที่ 3-9 การหาขนาดคานหน้า AB

$M_{max} = (336.34 \times 250) - (336.34 \times 400)$

$= 50451$ N.mm

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

$C = 25.4/2 = 17.2$ mm

จากภาคผนวก

$\sigma_u = 370$ N/mm^2

ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1

$\sigma_d = 370$ N/mm^2

จาก

$\sigma_d = Mc/I$

$I = Mc/\sigma_d$

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

$h^4 = 388087.94$

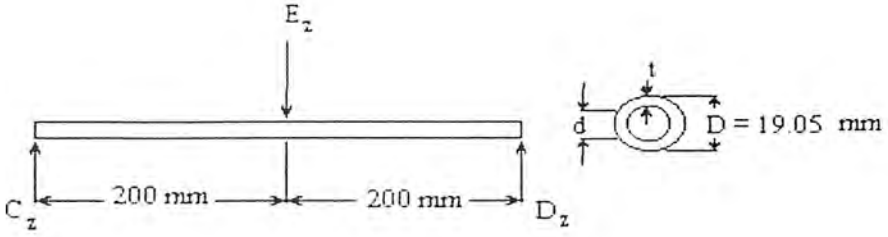
$h = 24.95$

$t = 25.4 - 24.95 = 0.44$

เลือกท่อเหล็กขนาดความหนาเท่ากับ 1 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาขนาดท่อ CD



รูปที่ 3-10 การหาขนาดท่อ CD

$M_{max} = 336.34 \times 200$

$= 67268$ N.mm

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

$C = 19.05/2 = 9.525$ mm

จากภาคผนวก

$\sigma_d = 370$ N/mm^2

ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1

$\sigma_d = 370$ N/mm^2

$\sigma_d = Mc/I$

$I = Mc/\sigma_d$

$\pi/64(19.05^4 - d^4) = 67268 \times 9.525$

$d^4 = 96420.39$

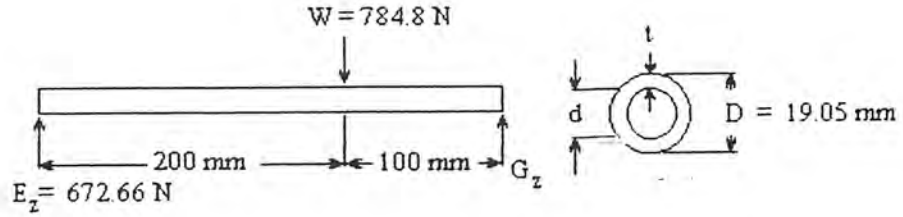
$d = 17.62$

$t = 19.05 - 17.62 = 1.42$ mm

เลือกใช้ขนาดท่อเหล็กท่อหนาเท่ากับ 2 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาขนาดท่อ EG



รูปที่ 3-11 การหาขนาดท่อ EG

M_{max} = 672.66 x 200

= 134532 N.mm

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

C = 19.05/2 = 9.525 mm

จากภาคผนวก

σ_u = 600 N/mm^2

ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1

σ_d = 600N/mm^2

σ_d = Mc/I

I = Mc/σ_d

π/64(19.05^4 – d^4) = (134532 x 9.525)/ 600

d^4 = 88190.19 mm^4

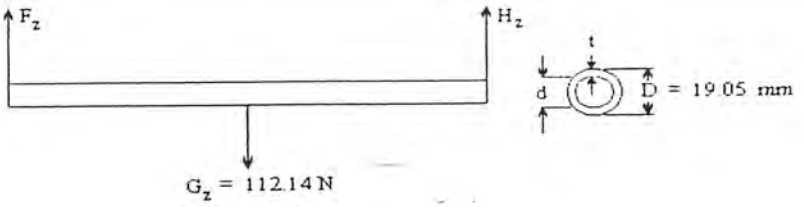
d = 17.22 mm

t = 19.05 – 17.23 = 1.82 mm

เลือกขนาดความหนาของท่อเหล็กเท่ากับ 2 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาขนาดท่อ FH



รูปที่ 3-12 การหาขนาดท่อ FH

M_{max} = 56.07 x 200

= 11214 N.mm

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

C = 19.05/2 = 9.525 mm

จากภาคผนวก

σ_u = 370 N/mm^2

ค่าความปลอดภัย เท่ากับ 1

σ_d = 370 N/mm^2

σ_d = Mc/I

I = Mc/σ_d

π/64(19.05^4 – d^4) = (11214 x 9.525)/ 370

d^4 = 125817.18 mm^4

d = 18.83 mm

t = 19.05 – 18.83 = 0.216 mm

เลือกขนาดท่อเหล็กความหนาเท่ากับ 1 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาขนาดท่อ DH

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

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

จากภาคผนวก

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

ค่าความปลอดภัย เท่ากับ 1

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

จาก

$$\sigma_d = F/A$$

$$A = F/\sigma_d$$

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

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

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

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

เลือกขนาดท่อเหล็กที่มีความหนาเท่ากับ 1 mm

3.4 ระบบส่งกำลัง

โซ่ การเลือกใช้โซ่นั้นเพราะสามารถส่งกำลังได้คงที่ตามอัตราทดที่กำหนด การส่งกำลังเป็นไปได้อย่างราบเรียบ เมื่อมีแรงกระตุกเล็กน้อย เปลี่ยนแปลงการส่งกำลังจากระบบเดิมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การเลือกขนาดโซ่ ใช้โซ่เบอร์ 25 เป็นชื่อที่เรียกในอุตสาหกรรมทั่วไป ใช้ในงานอุตสาหกรรมงานพิมพ์ต่าง ๆ ซึ่งใช้ในความเร็วรอบสูง มีระยะพิทช์เท่ากับ mm ทำให้โซ่หลุดได้ยาก และมีความทนทานกว่าโซ่จักรยานทั่วไป น้ำหนักเบาและขนาดเล็กกว่าโซ่ของมอเตอร์ไซค์ รับแรงดึงได้มากกว่า แต่ราคาแพงกว่า

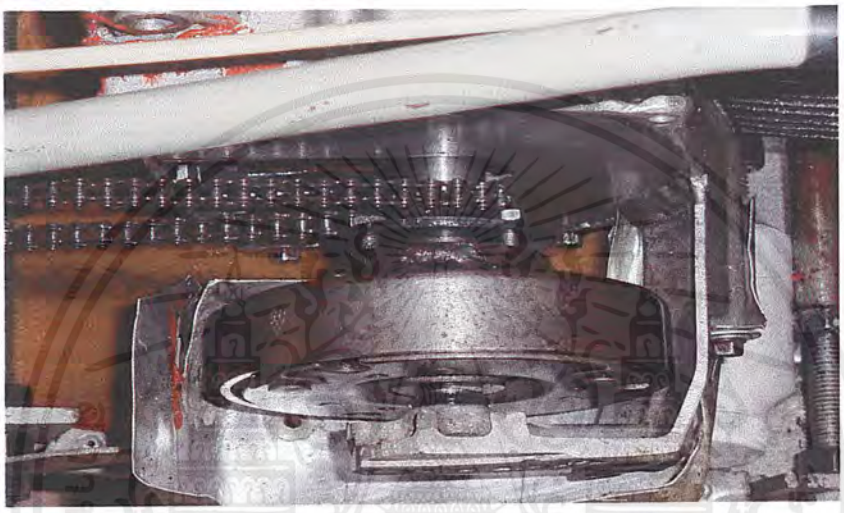
เฟืองขับ เลือกใช้เฟืองขนาด 11 ฟัน

การติดตั้งเฟืองขับ ติดตั้งเข้ากับชุดคลัทช์แรงเหวี่ยงเพราะต่อตรงมาจากเพลาข้อเหวี่ยงเมื่อเครื่องทำงานที่รอบเดินเบาประมาณ 600 รอบต่อนาที ชุดคลัทช์แรงเหวี่ยงยังไม่ทำงาน จะทำงานต่อเมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่รอบประมาณ 1200 รอบต่อนาที ชุดคลัทช์แรงเหวี่ยงจะส่งกำลังไปยังเฟืองขับเพื่อขับโซ่และเฟืองตามเพื่อให้รถเคลื่อนที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการติดตั้ง

- ทำการเจาะรูเฟืองขับให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 mm
- จัดทำ Blank เจาะรูเซ็นเตอร์ขนาด 23 mm เจาะรูภายนอกห่างจากจุดศูนย์กลาง 30 mm จำนวน 4- รู 2 ชิ้น
- ชุดที่ 1 ติดตั้งเข้ากับชุดคลัทช์แรงเหวี่ยง
- ชุดที่ 2 ติดตั้งเข้ากับเฟืองขับ
- นำนัทขนาด 20 mm ,4 ตัว มายึดติด blank เข้าด้วยกัน



รูปที่ 3-13 เฟืองขับ

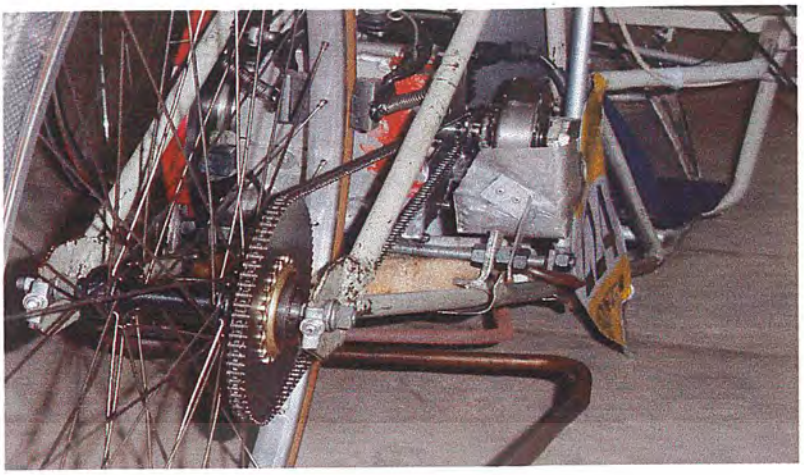
เฟืองตาม เลือกใช้ขนาด 50 ฟัน

เนื่องจากล้อที่ใช้ในการผลิตรถประหยัดน้ำมันเป็นล้อรถจักรยานจึงนำชุดแบริ่งที่เฟืองท้ายมาประกอบด้วยเพื่อให้รถเดินหน้าหรือถอยหลังในขณะที่เครื่องยนต์ไม่ทำงาน ชุดแบริ่งจะมีการทำงานคือชุดแบริ่งจะหมุนได้ทางเดียวในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา มีเกลียวออกมาเพื่อติดตั้งเข้ากับชุดเฟืองตาม เกลียวมีระยะพิต 1/16" เป็นเกลียวขวา เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน ชุดเฟืองจะยิ่งแน่นไม่มีการคลายออกแต่อย่างใด

วิธีการติดตั้ง

- นำเฟืองขนาด 50 ฟัน มาเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 mm ทำการกลึงเกลียวมีระยะพิต 1/16"
- ประกอบชุดแบริ่งเข้าไปก่อน แล้วจึงนำเฟืองขนาด 50 ฟันประกอบเข้ากับล้อหลัง
- จากการทดสอบที่อัตราทดเท่ากับ 4.5 จะได้ความเร็วเฉลี่ยประมาณ 26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-14 เฟืองตาม

3.5 การออกแบบระบบบังคับเลี้ยว

ในการออกแบบระบบบังคับเลี้ยวต้องคำนึงถึงจุดยึดต่าง ๆเพื่อให้การถอดประกอบและการปรับเปลี่ยนมุมต่าง ๆ ของล้อทำได้โดยง่าย จึงได้เลือกใช้ระบบบังคับเลี้ยวแบบอัคเคมานค์ ข้อดีของระบบอัคเคมานค์คือใช้จุดในการเชื่อมต่อน้อยชิ้นปรับเปลี่ยนมุมต่าง ๆ ของล้อได้ง่าย

การติดตั้งระบบบังคับเลี้ยว

- ทำการสร้างข้อต่อ 2 ชิ้นทำเกลียวที่ปลายทั้ง 2 ข้างเพื่อยึดเข้ากับลูกหมาก
- ยึดลูกหมากเข้ากับคันบังคับเลี้ยวและอีกข้างยึดเข้ากับล้อ
- ทำการปรับมุมล้อเพื่อให้รถอยู่ตำแหน่งที่พอดี

รูปที่ 3-15 ระบบบังคับเลี้ยว

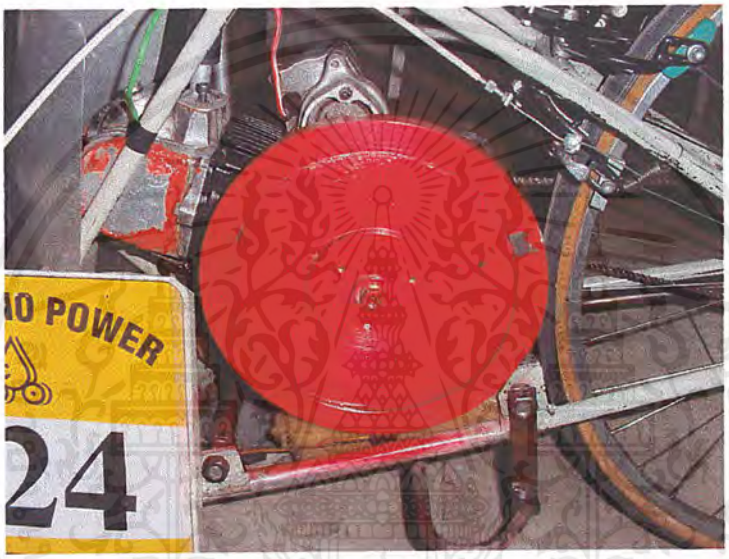
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ล้อช่วยแรง

ในการออกแบบล้อช่วยแรง เพื่อต้องให้รอบของเครื่องลดต่ำลงและช่วยให้เครื่องยนต์เดินสม่ำเสมอและยังสามารถช่วยให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในรอบต่ำ ๆในการออกแบบจะต้องคำนึงถึง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนัก และความหนาของล้อช่วยแรง

3.6.1การติดตั้งล้อช่วยแรง

- ทำการติดตั้งล้อช่วยแรงเข้ากับชุดลูกปืนทางเดียว
- นำล้อช่วยแรงเข้าไปติดตั้งกับเพลาข้อเหวี่ยงและโซ่ของมอเตอร์สตาร์ท



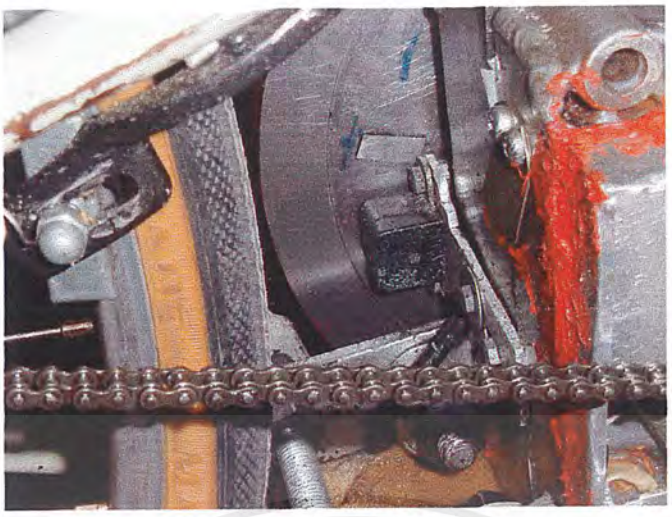
รูปที่ 3.16 ล้อช่วยแรง

การติดตั้งล้อช่วยแรงเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ เมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วรอบต่ำเป็นผลให้ความเร็วแล่นของลูกสูบเคลื่อนที่ได้ช้าลง ปริมาตรการดูดอากาศเข้ากระบอกสูบจะช้า ประกอบกับการปรับแต่ง Cam เพลาลูกเบี้ยวให้เปิดปิดลิ้นไอดีและไอเสียได้เร็วขึ้นและมี overlap น้อย ทำให้ไอดีที่จะหนีออกไปกับไอเสียน้อยลงด้วยทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงได้ส่วนหนึ่ง

3.7 ระบบจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิดที่ใช้ติดตั้งกลับรถประหยัดน้ำมันคันนี้ได้ทำการดัดแปลงจากระบบจุดระเบิดของรถทั่วไปคือ ได้ตัดเอาชุดขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิออกไปและออกชุดแม่เหล็กออกไปด้วยแล้วทำการติดตั้งพัลเซอร์และตัวตัดสัญญานจังหวะจุดระเบิดเพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนองศาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ให้สัมพันธ์ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ระบบจุดระเบิดแบบนี้จะให้กระแสไฟที่ดีและสม่ำเสมอและลดปัญหาการชิงจุดระเบิดของเครื่องยนต์ได้บางส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-17 การติดตั้งพัลเซอร์

ในการติดตั้งพัลเซอร์แบบนี้จะช่วยให้การปรับเปลี่ยนองศาการจุดระเบิดได้สะดวกกว่าระบบจุดระเบิดแบบเก่าและยังช่วยลดพื้นที่ในการติดตั้ง

3.8 เพลาลูกเบี้ยว

ในการออกแบบเพลาลูกเบี้ยวเพื่อต้องการให้ปริมาณของไอดีไหลเข้ากระบอกสูบน้อยลงโดยการลงปริมาณการเปิดปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ให้ใช้ระยะเวลาน้อยลงกว่าเดิมและให้ลดองศาในจังหวะ overlap น้อยลงกว่าเดิม เพื่อให้ปริมาณไอดีที่สูญเสียไปกับไอเสียลดลงจากปกติโดยเปรียบเทียบได้ดังรูป

รูปที่ 3-18 ระยะยกวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองจะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ การทดลองที่มี Load และการทดลองที่ไม่มี loadซึ่งในการทดลองที่ไม่มี load จะทำการทดลองเพื่อจะหาความเร็วรอบที่ประหยัดที่สุดเพื่อจะนำค่าที่ได้ไปทำการทดลองในกรณีที่มี load ต่อไป

4.1 ผลการทดลองในกรณีที่ไม่มี Load

ผลการทดลองในกรณีไม่มี Load จะได้ผลตามตารางดังนี้

ครั้งที่	rpm	เชื้อเพลิงที่ใช้ (CC)	เวลา (MIN)
1	600	5	3.43
2	700	5	4.12
3	800	5	4.53
4	900	5	4.45
5	1000	5	4.32
6	1100	5	4.22
7	1200	5	4.2
8	1300	5	4.04
9	1400	5	3.52
10	1500	5	3.45

ตารางที่ 4-1 การทดลองไม่มีโหลด

นำค่าที่รอบที่ประหยัดที่สุดไปทำการทดลองในกรณีที่มี Load ต่อไป

4.2 ผลการทดลองในกรณีที่มี Load

4.2.1 การทดลองครั้งที่ 1

การแก้ไขปรับปรุงเครื่องยนต์	ใส่ล้อช่วยแรงขนาด 4.5 kg เปลี่ยนสปริงคลัทช์แรงเหวี่ยง เปลี่ยนขนาดท่อไอเสีย และอัตราทดเกียร์
น้ำหนักรถยนต์	42.5 kg
น้ำหนักผู้ขับขี่	43 kg
สถานที่ทดสอบ	ถนน Motor way
เวลา	17.15 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะทาง	3 กิโลเมตร
อุณหภูมิ	31 องศาเซลเซียส
ความเร็วเฉลี่ยของรถ	24.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	130 กิโลเมตรต่อลิตร

4.2.2 การทดลองครั้งที่ 2

การแก้ไขปรับปรุงเครื่องยนต์	เปลี่ยนขนาดท่อไอดี เปลี่ยนการใส่ลมยางจาก 70 bar เป็น80bar เปลี่ยนขนาดท่อไอเสียขนาด 12 mm
น้ำหนักรถยนต์	42.5 kg
น้ำหนักผู้ขับขี่	43 kg
สถานที่ทดสอบ	ถนน Motor way
เวลา	17.30 น.
ระยะทาง	3 กิโลเมตร
อุณหภูมิ	28 องศาเซลเซียส
ความเร็วเฉลี่ยของรถ	25.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	144.92 กิโลเมตรต่อลิตร

4.2.3 การทดลองครั้งที่ 3

การแก้ไขปรับปรุงเครื่องยนต์	เปลี่ยนล้อช่วยแรงเป็นขนาด 5 kg เพื่อต้องการให้ความเร็วรอบต่ำลง
น้ำหนักรถยนต์	42.5 kg
น้ำหนักผู้ขับขี่	43 kg
สถานที่ทดสอบ	ถนน Motor way
เวลา	17.30 น.
ระยะทาง	3 กิโลเมตร
อุณหภูมิ	30 องศาเซลเซียส
ความเร็วเฉลี่ยของรถ	23.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	150 กิโลเมตรต่อลิตร

4.2.4 การทดลองครั้งที่ 4

การแก้ไขปรับปรุงเครื่องยนต์	ปรับระยะยกของวาล์วไอดี ไอเสีย และปรับแต่งเพลาลูกเบี้ยว
น้ำหนักรถยนต์	42.5 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักผู้ขับขี่	43 kg
สถานที่ทดสอบ	ถนน Motor way
เวลา	16.30 น.
ระยะทาง	3 กิโลเมตร
อุณหภูมิ	32 องศาเซลเซียส
ความเร็วเฉลี่ยของรถ	25.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	179 กิโลเมตรต่อลิตร

4.2.5 การทดลองครั้งที่ 5

การแก้ไขปรับปรุงเครื่องยนต์	ปรับอัตราทดเกียร์จากขนาด 3.5 ;1เป็น 4.5 : 1
น้ำหนักรถยนต์	42.5 kg
น้ำหนักผู้ขับขี่	43 kg
สถานที่ทดสอบ	ถนน Motor way
เวลา	16.30 น.
ระยะทาง	3 กิโลเมตร
อุณหภูมิ	30 องศาเซลเซียส
ความเร็วเฉลี่ยของรถ	26.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	193.54กิโลเมตรต่อลิตร

4.2.6 การทดลองครั้งที่ 6

การแก้ไขปรับปรุงเครื่องยนต์	ปรับเปลี่ยนทุกระบบที่กล่าวมาให้เหมาะสม อัตราทดเป็นขนาด4.5:1
น้ำหนักรถยนต์	42.5 kg
น้ำหนักผู้ขับขี่	43 kg
สถานที่ทดสอบ	ถนน Motor way
เวลา	17.00 น.
ระยะทาง	3 กิโลเมตร
อุณหภูมิ	27 องศาเซลเซียส
ความเร็วเฉลี่ยของรถ	25.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	222.22 กิโลเมตรต่อลิตร

4.2.7 การทดลองครั้งที่ 7

การแก้ไขปรับปรุงเครื่องยนต์	ปรับสปริงคลัทช์แรงเหวี่ยงให้อ่อนลงให้คลัทช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ทำงานที่รอบต่ำลง ปรับระยะของผ้าเบรคที่คลัทช์แรงเหวี่ยง
น้ำหนักรถยนต์	42.5 kg
น้ำหนักผู้ขับขี่	43 kg
สถานที่ทดสอบ	ถนน Motor way
เวลา	17.30 น.
ระยะทาง	3 กิโลเมตร
อุณหภูมิ	28 องศาเซลเซียส
ความเร็วเฉลี่ยของรถ	24.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	232.5 กิโลเมตรต่อลิตร

4.2.8 การทดลองครั้งที่ 8

การแก้ไขปรับปรุงเครื่องยนต์	เปลี่ยนขนาดของนมหนูของคาร์บูเรเตอร์ เพื่อให้น้ำมันเข้ากระบอกสูบน้อยลง
น้ำหนักรถยนต์	42.5 kg
น้ำหนักผู้ขับขี่	43 kg
สถานที่ทดสอบ	ถนน Motor way
เวลา	16.30 น.
ระยะทาง	3 กิโลเมตร
อุณหภูมิ	32 องศาเซลเซียส
ความเร็วเฉลี่ยของรถ	25.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	240.03 กิโลเมตรต่อลิตร

4.3 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักน้ำมันรวมหลอดแก้วที่บรรจุน้ำมัน
2. นำหลอดแก้วไปติดตั้งกับที่ยึดและใส่สายน้ำมันจากหลอดแก้วไปยังคาร์บูแรเตอร์
3. ทำการไล่ฟองอากาศภายในท่อทางเดินน้ำมัน
4. เติมน้ำมันที่หลอดแก้วให้ได้ระดับเท่าเดิม
5. สตาร์ทเครื่องยนต์และออกรถที่จุดเริ่มต้นโดยใช้ความเร็วเฉลี่ยในการทดสอบประมาณ 25 กม.ชม
6. เมื่อรถวิ่งได้ครบตามระยะทางที่กำหนดแล้วนำหลอดแก้วที่บรรจุน้ำมันไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณน้ำมันที่ใช้ไป
7. คำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ข้อเสนอแนะ

1. พยายามลดน้ำหนักรวมทั้งหมดของรถลงให้มากที่สุด
2. การปรับแต่งแต่ละครั้งต้องมีการทดสอบสภาพจริง
3. การขับขี่ต้องใช้ผู้ขับขี่คนเดียวเพื่อฝึกทักษะของผู้ขับขี่
4. ผู้ขับขี่ควรมีความรู้เกี่ยวกับเครื่องยนต์และสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่จะเกิดกับเครื่องยนต์ได้ในสภาพจริง
5. ควรเช็ครถทุกครั้งก่อนทำการทดสอบ
6. ควรกำหนดเป้าหมายการทำงานในแต่ละวันให้แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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		Machinability (Based on BHN = 100)	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	-	149	240	-	110	90	-	34	-	55	ดีเลิศ
310, 310S	95	-	-	45	-	-	50	-	-	65	-	179	-	-	90	-	-	-	-	50	ดีเลิศ
316	80	90[d]	-	30	60[d]	-	60	45[d]	-	70	65[d]	149	190[d]	-	110	-	-	38	40[d]	50	ดีเลิศ
321	85	100[d]	-	35	65[d]	-	55	40[d]	-	65	60[d]	150	212[d]	-	110	-	-	38	-	55	ดีเลิศ
347, 348	90	100[d]	-	35	65[d]	-	50	40[d]	-	-	60[d]	160	212[d]	-	110	-	-	39	-	-	ดีเลิศ
Martensitic																					
403	73[a]	-	110	43[a]	-	85	30[a]	-	23	70	-	155	-	225	90	-	75	40	-	Fair	พอใช้
410	70	100[b]	110[b]	40[a]	85	85	40[a]	17	23	70	60	155	205	225	90	80[a]	75	40	-	55[c]	พอใช้ ต้องระมัดระวัง
414	117[a]	130[d]	160[a]	98[a]	115[d]	127[a]	17[a]	15[d]	17[a]	60	58[d]	235	270[d]	-	50	-	48[a]	45	-	Fair	พอใช้ถ้ามีการให้ความร้อนก่อนและหลังการเชื่อม
416, 416Se	75	100[c]	110	40	85[c]	85	30	13[c]	18	60	55	155	205[e]	230	70	20[a]	25	40	53[c]	80	ไม่แนะนำให้ใช้
420	95	105[d]	230	50	85[d]	195	25	17[d]	8	55	50[d]	195	215[d]	500	-	-	10	40	-	45[c]	พอใช้
431	125	130[d]	165[a]	95	110[d]	125[a]	20	15[d]	17[a]	55	35[d]	260	270[d]	338[a]	50	-	40[a]	45	-	45[c]	พอใช้ถ้ามีการให้ความร้อนก่อนและหลังการเชื่อม
440 A,B,C	105	115[b,d]	260	60	90[b,d]	240	20	7[b,d]	5	25[b,d]	20	215	240[b,d]	510	2	2[b,d]	4	40	-	40	เชื่อมด้วยความระมัดระวังอย่างสูง
Ferritic																					
405	68[a]	85	-	40	70	-	27[a]	20	-	60	60	150	185	-	25[b]	-	-	-	-	60	ดีเลิศสำหรับการเชื่อมแบบหลอมละลาย
430, 430F	75	83[a]	-	43[a]	63[a]	-	27[a]	20[a]	-	62[a]	60[a]	155	212	-	-	-	-	40[b]	46[b]	Fair	พอใช้ แนะนำให้แอนนีลหลังการเชื่อม
446	83[a]	85	-	53[a]	70	-	23[a]	20	-	45	45	163	183	-	2	-	-	47	-	Fair	พอใช้ แต่ต้องระมัดระวัง

ที่มา : 1972 Materials Selector, Reinhold Publishing Co., New York. ASME Handbook: Metal Properties, McGraw-Hill, 1954.

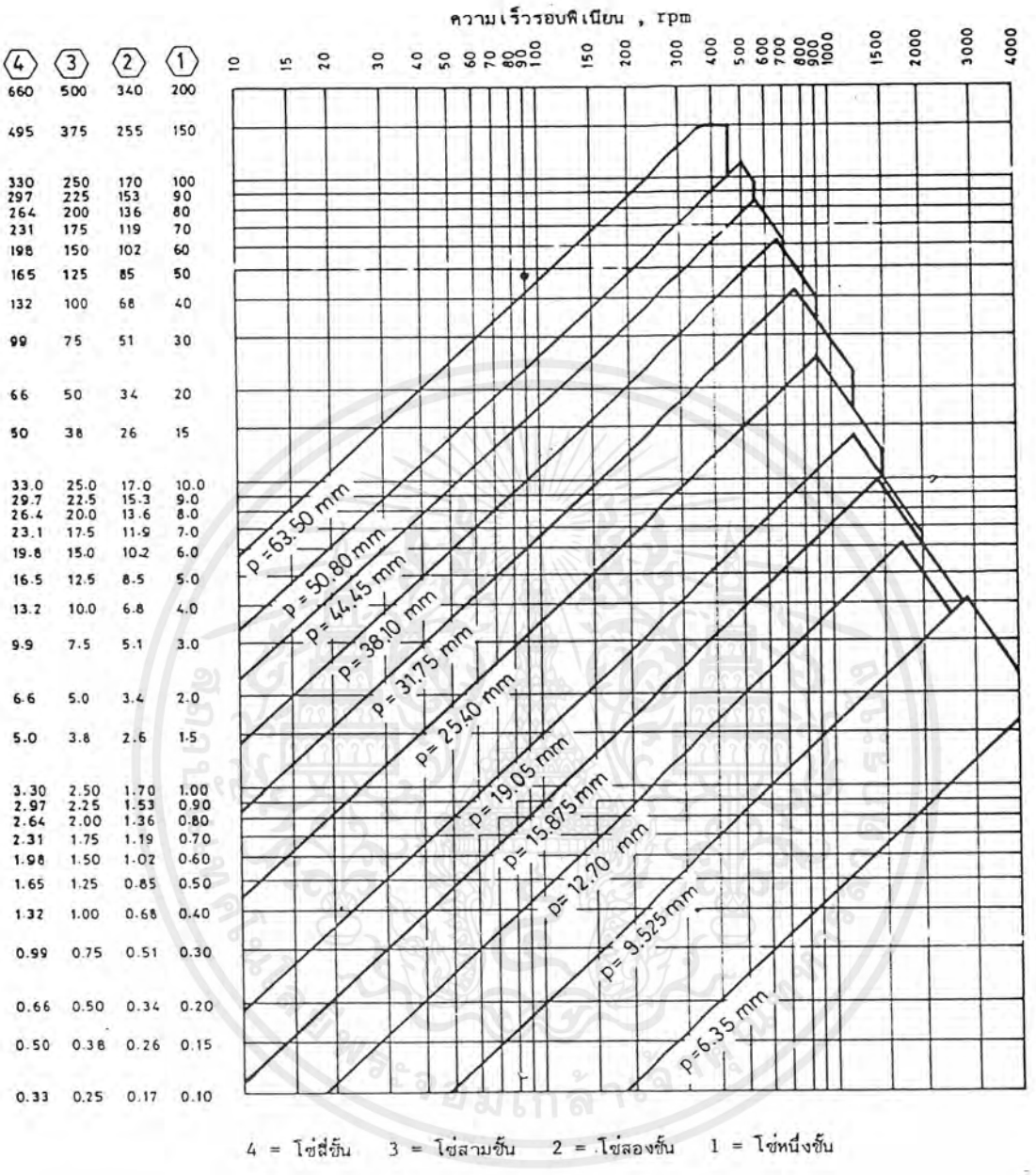
a ค่าเฉลี่ย
b ค่าต่ำสุด
c ทำให้แข็ง 200-220 BHN
d แอนนีลและวิคเย็น
e เทมเปอร์และวิคเย็น

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิมเหนียวบางชนิด

โซ่โรลเล่อร์แบบ B				โซ่โรลเล่อร์แบบ A			
จำนวนฟันบนพิเนียน	อุปกรณ์ชับ*			จำนวนฟันบนพิเนียน	อุปกรณ์ชับ**		
	สม่ำเสมอ	กระตุกปานกลาง	กระตุกมาก		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 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำที่มีการกระตุกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แผนภูมิที่ใช้เลือกโซ่โรลเล่อร์แบบ A (สำหรับพิเนียน 15 ฟัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ชนะ กสิภาร์: "ความแข็งแรงของวัสดุ", กรุงเทพ, โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2522

[2] เผด็จ แสนเกษม: "กลศาสตร์ยานยนต์", กรุงเทพ, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2528

[3] ศรีณรงค์ ตู้ทองคำ,ธิติ ธาตรีนรานนท์ และพงษ์วุฒิ สิทธิผล"ทฤษฎีระบบเครื่องล่าง 1" กรุงเทพ, โรงพิมพ์เจริญธรรม, 2528

[4] Joseph Edward Shigley and Charles R. Mischke: "Mechanical engineering. Design", Mc-GrawHill, Singapore, 1989.

[5] Beer, F.P. and Russell, "Vector Mechanics for Engineers", McGraw-Hill Book Co, Singapore, 1990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้