

## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎี

จากเหตุผลและจุดประสงค์ที่จะออกแบบสร้างตัวรถประหยัดเชื้อเพลิงและการพัฒนาเครื่องยนต์ โดยเริ่มจากการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลและการที่ได้เข้าไปเห็นรถของจริงในสนามแข่ง ทฤษฎีที่มีความจำเป็นและเกี่ยวข้องและเป็นพื้นฐานในการออกแบบสร้างและพัฒนาเครื่องยนต์มีดังนี้

การออกแบบยานยนต์เพื่อการประหยัดเชื้อเพลิง

การที่จะลดการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงของยานยนต์ลงได้นั้นจะต้องใช้วิธีการการขับขี่ การออกแบบ และการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบต่างๆ ของรถเพื่อให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้มากขึ้น สามารถแยกออกเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

#### 2.1 วิธีการขับขี่เพื่อการประหยัดเชื้อเพลิง

วิธีการขับขี่เพื่อการประหยัดเชื้อเพลิงจะเน้นที่การควบคุมความเร็วในการขับขี่ เพราะความเร็วเป็นปัจจัยสำคัญตัวหนึ่งที่ทำให้เกิดแรงต้านทานการเคลื่อนที่ของรถ เนื่องจากการขับขี่ที่ความเร็วต่ำมีผลทำให้เกิดแรงต้านน้อยกว่าที่ความเร็วสูง โดยวิธีการขับขี่จะยึดจากกติกาการแข่งขันของ บริษัท เอฟ. ฮอนด้า จำกัด (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก จ) ที่กำหนดความเร็วของการแข่งขันให้รถทุกคันที่เข้าร่วมทำการแข่งขันจะต้องมีความเร็วเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพราะฉะนั้นการขับขี่ต้องรักษาระดับความเร็วเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยเริ่มออกสตาร์ทให้ความเร็วค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งรถมีความเร็วประมาณ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จึงดับเครื่องยนต์ อาศัยแรงเฉื่อยปล่อยให้รถไหลบริเวณทางตรง เมื่อความเร็วรถลดลง กระทั่งมีความเร็วประมาณ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จึงสตาร์ทเครื่องยนต์และเร่งความเร็วรถให้มีความเร็วประมาณ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จึงดับเครื่องยนต์อีกครั้ง ทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ กระทั่งจบการแข่งขันหรือได้ระยะทางที่ต้องการทดสอบ

## 2.2 กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อน

เมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ไปจะต้องใช้กำลังจากเครื่องยนต์มาทำให้ล้อหมุน เพื่อให้เกิดกำลังขับเคลื่อน กำลังนี้จะต้องมากพอที่จะเอาชนะกำลังที่สูญเสียไปเนื่องจากแรงต้านทานต่างๆ รถจึงเคลื่อนที่ไปได้

กำหนดให้ $P_r$	คือ	กำลังเครื่องยนต์ที่ใช้ขับเคลื่อน (W)
$P_v$	คือ	กำลังที่ล้อขับเคลื่อน (W)
$v$	คือ	ความเร็วของรถยนต์ (m/s)
$\eta_r$	คือ	ประสิทธิภาพของระบบส่งกำลัง
$R$	คือ	แรงต้านทานทั้งหมด (N)
$R_a$	คือ	แรงต้านทานจากลม (N)
$R_r$	คือ	แรงต้านทานจากการหมุน (N)
$R_g$	คือ	แรงต้านทานจากน้ำหนักรถขณะขึ้นเนิน (N)

$$\text{กำลังที่ล้อขับเคลื่อน} \quad P_v = Rv \quad (2.1)$$

$$\text{ทั้งนี้เมื่อรถวิ่งบนพื้นระนาบ จะได้ว่า} \quad R = R_a + R_r \quad (2.2)$$

$$\text{ถ้าวิ่งขึ้นพื้นเอียง} \quad R = R_a + R_r + R_g \quad (2.3)$$

กำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้ขับเคลื่อนรถยนต์จะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของระบบส่งกำลังด้วย

ตาราง 2.1 ประสิทธิภาพของระบบส่งกำลัง ( $\eta_r$ )

ลักษณะของรถยนต์	$\eta_r$
รถแข่ง	0.90-0.95
รถยนต์นั่ง	0.90-0.92
รถบรรทุก รถโดยสาร	0.82-0.58

(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์, เผล็จ แสแกนเกยม)

### 2.2.1 การลดแรงลากจูงที่ยานยนต์ต้องเอาชนะ

กำลังงานที่สูญเสียไปกับการเอาชนะภาระในการขับเคลื่อน หรือ Road Load Power (P) ประกอบไปด้วย

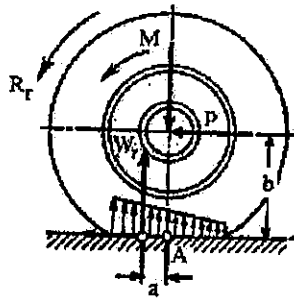
1. แรงต้านทานการหมุน (Rolling Resistance)

2. แรงต้านทานที่เกิดจากน้ำหนัก (Vehicle Mass , M)

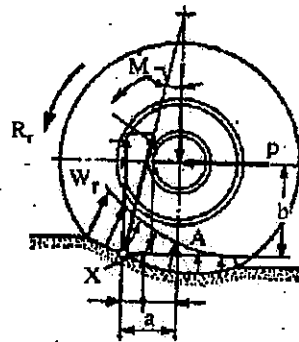
3. แรงต้านทานจากลม (Aerodynamic Drag)

2.2.1.1 แรงต้านทานการหมุน (Rolling Resistance)

แรงต้านทานการหมุนของล้อรถนี้จัดว่าเป็นแรงต้านทานบนถนนอย่างหนึ่ง แรงต้านทานการหมุนนี้ เกิดขึ้นจากปัจจัยหลายอย่าง เช่นลักษณะโครงสร้างและขนาดของยาง (ยางกลวงหรือยางตัน) ลักษณะของผิวจราจร ลักษณะของดอกยางและสภาพของดอกยาง ความดันของลมในยาง ความเร็วของรถยนต์ ความฝืดของลูกปืนล้อ



(ก) แรงเสียดทานบนถนนคอนกรีต



(ข) แรงเสียดทานบนถนนประเภทดินทราย

รูปที่ 2.1 การเกิดแรงต้านการหมุน  
(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์, เพลด็จ แสนเกษม)

ขณะที่รถเคลื่อนที่นั้น ล้อจะหมุนไปในลักษณะคังรูป และน้ำหนักบรรทุก (W) ที่ตกลงที่ล้อจะมีแรงต้านทานขึ้นตลอดหน้าสัมผัสระหว่างยางกับถนน โดยที่แรงต้านที่จุดซึ่งยางเริ่มสัมผัสกับผิวถนนจะมีค่ามากกว่าจุดอื่นๆ ถ้าให้แรงต้านที่เกิดขึ้นทั้งหมดเป็นแรงเฉื่อย ( $W_r$ ) ซึ่งจะมีขนาดของแรงเท่ากับแรง W ด้วยเช่นกัน และแรง  $W_r$  นี้จะห่างออกไปจากด้านหน้าแนวแรง W เป็นระยะทางเท่ากับ a

ในขณะที่รถยนต์วิ่งด้วยความเร็วคงที่นี้ก็คือ วิ่งด้วยแรงขับเคลื่อน (P) โดยที่แรงต้านทานการหมุน ( $R_r$ ) เกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามและมีขนาดเท่ากัน

ถ้าพิจารณาโมเมนต์ที่จุดสัมผัส A จะได้ว่า

$$Pb = Wa \quad (P = R_r) \tag{2.4}$$

$$\therefore R_r = \frac{Wa}{b} \tag{2.5}$$

แต่  $\frac{a}{b}$  เป็นค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวถนนและขนาดของยางถ้ากำหนดให้

$$\frac{a}{b} = K_r \quad (2.6)$$

$$\therefore R_r = K_r W \quad (2.7)$$

กำหนดให้  $K_r$  คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานการหมุน

$W$  คือ น้ำหนักของรถที่กดลงที่ล้อ (N)

$W_1, W_2$  คือ น้ำหนักของรถที่กดลงที่ล้อหน้าและล้อหลัง (N)

$K_{r1}, K_{r2}$  คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานการหมุนที่ล้อหน้าและล้อหลัง

ถ้าหากพิจารณาทั้งล้อหน้าและล้อหลัง

$$R_r = K_{r1} W_1 + K_{r2} W_2 \quad (2.8)$$

สมมติว่า  $W_1 = W_2$  และ  $K_{r1} = K_{r2}$

$$\therefore R_r = K_r W \quad (2.9)$$

(ให้  $W_1 + W_2 = W =$  น้ำหนักของรถยนต์)

จะเห็นได้ว่าแรงต้านชนิดนี้มีผลเนื่องมาจากล้อได้รับแรงกระทำซึ่งเป็นผลมาจากความขรุขระของผิวถนนและหน้ายาง เป็นต้น และจากเหตุนี้แรงต้านทานจะขึ้นอยู่กับสภาพของถนน น้ำหนักรถ ถ้าหากคำนึงถึงความลาดชันของถนนจะได้ว่า

$$R_r = K_r W \cos \theta \quad (2.10)$$

เมื่อคำนวณแรงต้านทานจากการหมุน สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ได้จากลักษณะของถนน จากตาราง 2.2

ตาราง 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานการหมุนของล้อรถยนต์

สภาพของถนน	ค่าสัมประสิทธิ์ ( $K_r$ )
สภาพดี	0.01-0.116
ถนนเป็นกรวด	0.015-0.020
ถนนมีไม้อัดกันเรียบ	0.020-0.030
ถนนเป็นหิน	0.016-0.07
ถนนเป็นทราย	0.15-0.13

(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์, เฟดจ์ แส่นเกษม)

การทดลองหาค่าแรงต้านทานการหมุนของล้อนี้ กระทำได้ค่อนข้างยาก เพราะสภาพแวดล้อมขณะทำการทดลองไม่สามารถทำให้เหมือนกับสภาพความเป็นจริง แต่อย่างไรก็ดีวิธีที่จะทดสอบหาค่าแรงต้านทานการหมุนของล้อมีอยู่ 3 วิธีดังนี้

1. วิธีการทดสอบถนน
2. โดยการลากจูงและใช้ไคนาโมมิเตอร์วัดแรงต้านทาน
3. โดยการใช้เครื่องมือที่สามารถวัดแรงบิดที่ขับเคลื่อนล้อ

วิธีวิ่งทดสอบบนถนน กระทำโดยขับรถยนต์ด้วยความเร็วหนึ่งบนถนนที่ต้องการหาแรงต้านทานการหมุนของล้อ และกระทำการเหยียบคลัตช์หรือใช้เกียร์ว่าง รถจะค่อยๆวิ่งช้าลง เนื่องจากแรงต้านทานทั้งหมด ให้อ่านระยะทางและเวลาในขณะที่รถกำลังวิ่งช้าลงหรือพิจารณาอัตราหน่วง ถ้าหักแรงต้านเนื่องจากอากาศจากการคำนวณแรงต้านทั้งหมดจะได้แรงต้านทานการหมุนของล้อ การทดลองนี้ควรทดลองทั้งขาไปและขากลับแล้วหาค่าเฉลี่ยเพราะกระแสลมที่พัดผ่านมีผลต่อแรงต้านทานที่เกิดขึ้นด้วย วิธีนี้จะเห็นได้ว่าเป็นการทดลองที่รวมการสูญเสียเนื่องจากระบบที่พัดผ่านมีผลต่อแรงต้านที่เกิดขึ้นด้วย และเป็น การทดลองที่รวบรวมการสูญเสียเนื่องจากระบบส่งกำลังไว้ด้วย การทดลองในลักษณะนี้เป็นการทดลองหาจากแรงต้านการหน่วง (Deceleration resistance)

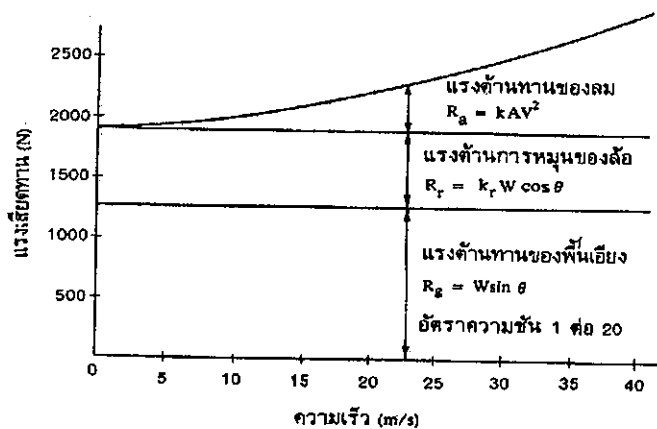
วิธีการลากจูงเป็นการวัดค่าโดยตรงจากการลากจูงรถ และเนื่องจากระบบส่งกำลังไม่ได้แยกออกกระหว่างทำการทดลอง ดังนั้นการทดลองนี้จึงยังรวมการสูญเสียเนื่องจากการส่งกำลังด้วย ค่าแรงต้านทานการหมุนของล้อที่ได้จากการลากจูงนี้เรียกว่า *แรงต้านการขับเคลื่อน*

วิธีวัดค่าแรงบิดของการขับเคลื่อนที่ล้อรถ ในการวัดจะต้องพิจารณาในช่วงที่เกิดแรงต้านทานอากาศที่พอเหมาะ จึงจะได้แรงต้านทานการหมุนที่ถูกต้อง

จากแรงต้านทานที่เกิดขึ้นกับรถยนต์นั้นสามารถที่จะเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$R = K_a A v^2 \pm W \sin \theta \pm K_r W \cos \theta \quad (2.11)$$

จากสมการของแรงต้านทานทั้งหมด สามารถเขียนเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทานการขับเคลื่อน กับความเร็ว  $v$  ไว้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงแรงต้านทานอากาศ การหมุนล้อ และความชันถนน  
(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์ , เผล็ง แสนเกษม)

### ตัวแปรที่สำคัญซึ่งมีผลต่อปริมาณของ Rolling Resistance

1. มวลของยานยนต์
2. ความเร็ว
3. Rolling friction coefficient (f) โดยจะขึ้นอยู่กับ

#### 3.1 คุณภาพของยาง

- 3.2 ความกว้างของหน้ายาง
- 3.3 ขนาดของยาง
- 3.4 สภาพถนนที่ขรุขระ
- 3.5 ความเรียบของพื้นถนน
- 3.6 ความเร็วของรถ

#### วิธีการลด Rolling friction coefficient

1. การลดขนาดของร่องลื่น และขนาดของภาระเริ่มต้น
2. การใช้ซีลน้ำมันชนิดที่มีความหนืดต่ำ
3. การใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดต่ำ

(สำหรับยางรถยนต์ที่มีความดันลมต่ำเกินไปอย่างจะแบนและมีหน้าสัมผัสระหว่างผิวยางกับพื้นถนนที่มากขึ้น ทำให้ Rolling friction coefficient มีค่ามากขึ้น)

#### 2.2.1.2 แรงต้านที่เกิดจากน้ำหนัก (Vehicle Mass , m)

น้ำหนักเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ Rolling Resistance ภาระในการไต่ทางลาดชัน (Climb grade load) และภาระในการเร่ง (Acceleration load)

การลดน้ำหนักของยานยนต์สามารถดำเนินการได้ด้วยกลยุทธ์หลัก 3 ประการคือ

1. การแทนที่ของวัสดุเดิมที่เบากว่ากลุ่มวัสดุที่สามารถนำมาใช้ทดแทนวัสดุในปัจจุบันได้ แสดงการเปรียบเทียบไว้ในตาราง 2.3
2. การปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์และระบบต่างๆ
3. เปลี่ยนใช้อุปกรณ์หรือชิ้นส่วนให้มีจำนวนน้อยลงหรือมีขนาดเล็กลง

ตาราง 2.3 เปรียบเทียบน้ำหนักวัสดุที่ลดลง

วัสดุ	ราคาวัสดุสัมพัทธ์ (ต่อปอนด์)	ราคาชิ้นส่วน สัมพัทธ์	น้ำหนักลดลง (Percent)
เหล็กหล่อ(base)	1.0	1.0	Base
อะลูมิเนียมหล่อ	1.8-2.2	1.0	50-60
แมกนีเซียมหล่อ	3.0	1.0	65-75
Mild steel(base)	1.0	1.0	Base
High-strength steel	1.1	1.0	10
Aluminum	4.0	2.0	40-50
ไฟเบอร์กลาสชนิดอัดแรง	3.0	0.8	25-35
คาร์บอนไฟเบอร์ชนิดอัดแรง	10-30	1.25-2.25	50-65

(ที่มา หนังสือเทคโนโลยีการออกแบบรถยนต์เพื่อการประหยัดเชื้อเพลิง, ไพรัช เลิศอารีพงษ์)

### 2.2.1.3 แรงต้านทานจากลม

เป็นภาระจากการเคลื่อนที่แหวกหรือด้านการเคลื่อนที่ของรถ ตัวแปรที่สำคัญคือความเร็วของรถ พื้นที่หน้าตัดของรถ (Frontal area) และ Aerodynamic drag coefficient

รถยนต์ทุกชนิดที่วิ่งบนถนนนั้น เมื่อสัมผัสกับถนนในขณะที่ล้อหมุนเพื่อวิ่งไปข้างหน้าจะเกิดแรงต้านทานการหมุนกลิ้งของพิวถนน หรือแรงเสียดทาน และอีกอย่างหนึ่งคือแรงต้านทานจากรถ เนื่องจากรถต้องวิ่งแหวกอากาศไปที่ความเร็วต่ำ แรงต้านทานจากลมน้อยมากจนไม่สามารถไปเปรียบเทียบกับแรงต้านทานการหมุน แต่ถ้ารถวิ่งด้วยความเร็วสูง แรงต้านทานจากลมจะมีผลต่อการขับเคลื่อนอย่างยิ่ง

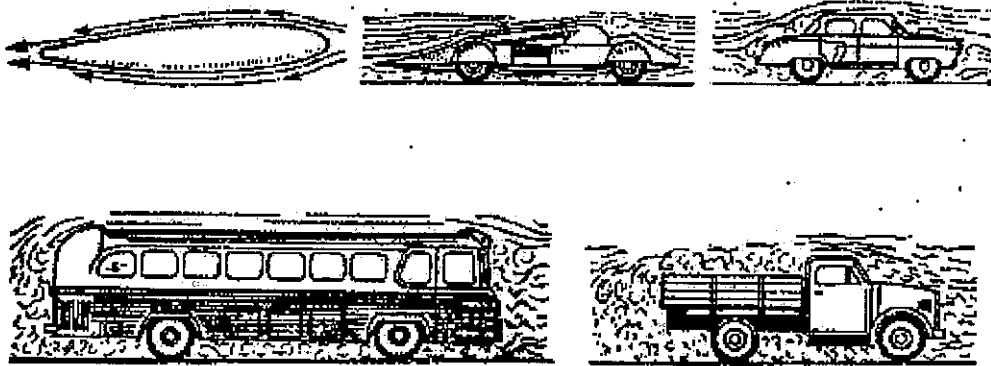
แรงต้านทานจากลม มี 2 ประเภท

1. แรงต้านทานภายนอก คือ แรงต้านทานจากภายนอกของตัวถังที่รับลม
2. แรงต้านทานภายใน คือ ผลของอากาศที่ไหลเข้าไปภายในตัวรถ ซึ่งเกิดจากอากาศที่ไหลเข้ามาทางช่องระบายอากาศเพื่อถ่ายเทอากาศภายในรถ

แต่เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างแรง 2 แรงนี้ แรงต้านภายในมีค่าน้อยกระแเสอากาศที่ไหลผ่านตัวรถนั้นจะต้องพยายามไม่ให้เกิดการหมุนวน ยิ่งถ้ากระแสอากาศที่ไหลเกิดเป็นเกลียวหมุนขึ้น จะทำให้มีแรงต้านทานมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องพยายามออกแบบให้ตัวรถมีลักษณะกลมเพื่อลดแรงต้านทานที่เกิดขึ้น

แรงต้านทานของอากาศจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆดังต่อไปนี้

1. แรงต้านทานของลมที่ส่วนหน้าและส่วนหลังของรถยนต์ในขณะที่รถวิ่งไป (ประมาณ 55-60%)
2. พื้นที่หน้าตัดรถบังโคลนและชิ้นส่วนต่างๆ ที่ติดไว้ด้านหลัง (ประมาณ 12-18%)
3. แรงต้านทานจะสูงขึ้นเมื่อลมพัดผ่านหม้อน้ำ และช่องว่างใต้ฝากระโปรงของรถ (ประมาณ 10-15%)
4. แรงต้านทานที่ผิวรถ (ประมาณ 8-10%)
5. ความแตกต่างระหว่างที่ข้างบนและส่วนล่างของรถ ซึ่งเมื่อลมพัดผ่านรถไปแล้วจะทำให้เกิดเป็นลมหมุนที่ข้างหลัง คล้ายว่าเป็นแรงดูดของรถเอาไว้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบรูปทรงของรถยนต์ที่ป้องกันไม่ให้เกิดลมหมุนขึ้นที่ท้ายรถ (ประมาณ 5-8%)



รูปที่ 2.3 ลักษณะของลมที่ผ่านรถรูปทรงต่างๆ  
(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์ , เพล็จ แสนเกษม)

ทั้งนี้ปัจจัยต่างๆดังกล่าวนี้จะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับความเร็วของรถยนต์ที่วิ่งไปจะเป็นผลทำให้แรงต้านทานของลมเพิ่มขึ้น และการทดลองพบว่า

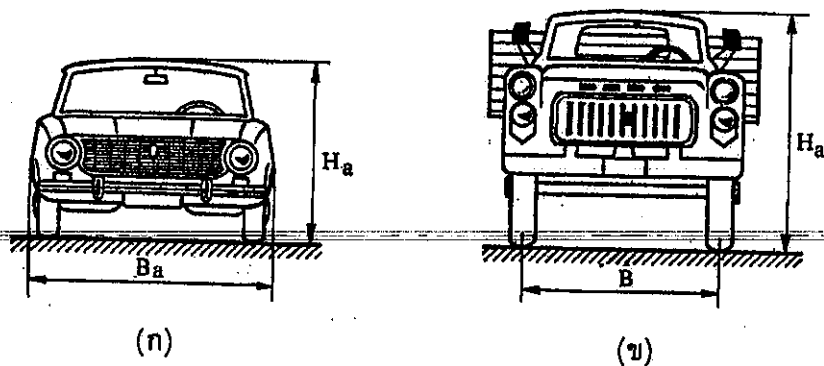
$$R_d = K_d A v^2 \quad (2.12)$$

สำหรับในที่นี้จะไม่คำนึงถึงความหนาแน่นของอากาศและกำหนดให้

- |       |     |   |
|-------|-----|---|
| $K_d$ | คือ | สัมประสิทธิ์ของแรงต้านทานของอากาศ       |
| $A$   | คือ | พื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ส่วนที่ด้านกับลม |
| $v$   | คือ | ความเร็วของรถยนต์                       |

สำหรับความเร็วของรถยนต์นั้น ในกรณีที่รถแล่นสวนทางลม ค่า  $v$  จะต้องรวมกับความเร็วลมแต่ถ้าวิ่งตามทางลมจะหักออกด้วยความเร็วของกระแสลม





รูปที่ 2.4 ลักษณะการหาพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์  
(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์, เฟดจ์ แสแกนเกษม)

การหาพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์นั้นไม่สามารถจะหาค่าที่แน่นอนได้จึงมีวิธีการคิดหาค่าได้ดังนี้

$$\text{สำหรับรถบรรทุก} \quad A = BH_a \quad (2.13)$$

$$\text{สำหรับรถยนต์นั่ง} \quad A = 0.78B_aH_a \quad (2.14)$$

โดยที่  $B$  คือ ช่วงกว้างของล้อ (m)

$B_a$  คือ ความกว้างของตัวรถ (m)

$H_a$  คือ ความสูงของตัวรถ (m)

ค่าคงที่  $K_a$  เป็นค่าที่กำหนดโดยรูปร่างของรถซึ่งหาได้โดยการนำรถที่มีรูปร่างต่างๆ ไปทดลองในอุโมงค์ลม ก็จะทราบค่าที่แน่นอน  $K_a$  ได้ สำหรับค่า  $K_a$  ของรถยนต์ต่างๆ มีค่าโดยประมาณดังนี้

ตาราง 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทานของลม ( $K_a$ )

ลักษณะของรถยนต์	$K_a$	A (m <sup>2</sup> )
รถแข่ง	0.13-0.15	1.0-1.3
รถยนต์นั่ง	0.20-0.35	1.6-2.8
รถตู้	0.25-0.40	4.5-6.5
รถบรรทุก	0.60-0.70	3.0-5.0

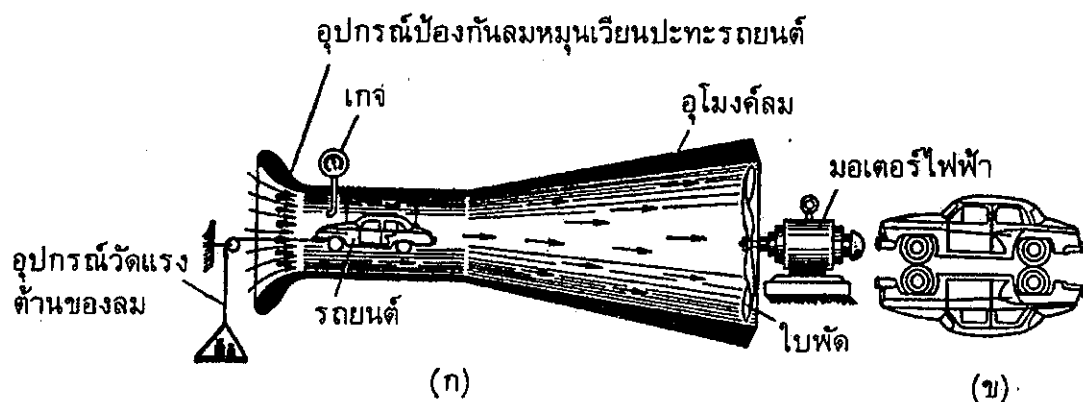
(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์, เฟดจ์ แสแกนเกษม)

การทดสอบหาหลักอากาศพลศาสตร์ของรถยนต์นั้นจะต้องทดสอบในอุโมงค์ลม อุโมงค์ลมนั้นแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. ประเภทที่ลมผ่านเลยไป
2. ประเภทลมพัดวนแบบนี้สามารถทดสอบได้โดยปรับอุณหภูมิของลมได้ให้เหมือนกับ

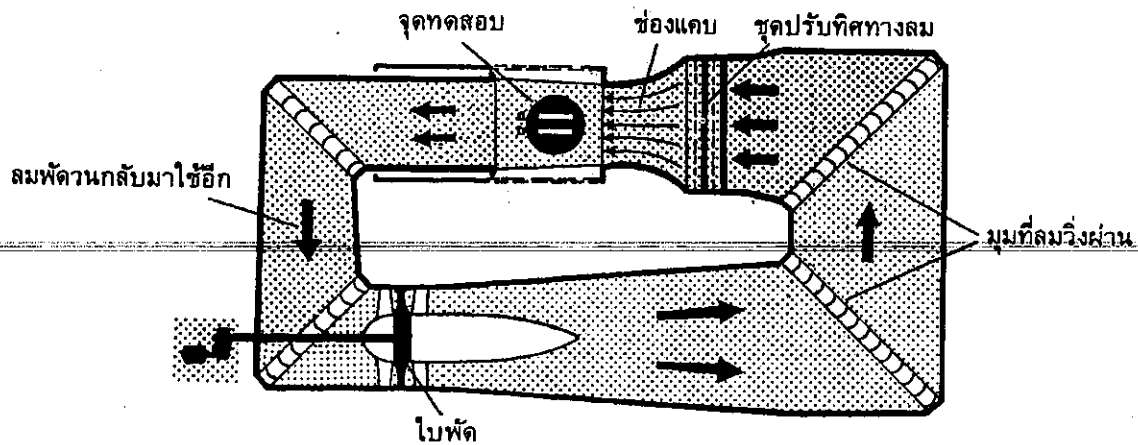
อากาศได้ทุกสภาพและซับซ้อนกว่าแบบลมผ่านเลยไป

การทดลองหาประสิทธิภาพแรงต้านทานของลมทำได้โดยเป่าลมไปยังรถยนต์หรือหุ่นจำลองรถยนต์ที่วางไว้ในอุโมงค์ลม ตามรูปรถยนต์แขวนภายในอุโมงค์ลมซึ่งมีใบพัดลมของมอเตอร์ไฟฟ้าและจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ลมหมุนเวียนที่ทางเข้าของลมประทะกับรถยนต์ เหมือนเป็นแรงต้านของรถยนต์ เสมือนเป็นแรงต้านของลมที่กระทำต่อรถยนต์ขณะวิ่ง



รูปที่ 2.5 การหาแรงต้านลมในอุโมงค์ลมแบบลมพัดผ่านไป  
(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์, เฟดจ์ แสแกน)

ในการที่จะนำรถยนต์ไปทดสอบในอุโมงค์ลมนั้นจะต้องคำนึงถึงสภาพความเป็นจริง เช่น จำนวนผู้โดยสารและตำแหน่งที่ผู้โดยสารนั่ง ในการทดสอบได้กำหนดให้ผู้โดยสาร 2 คนนั่งอยู่ด้านหน้า โดยเอาเก้าอี้หน้าหนัก 2 เก้าอี้ละ 60 kg มาแทนผู้โดยสารหน้าหลังจากติดตั้งอย่างถูกต้องแล้ว จะต้องดึงเบรกมือรวมทั้งเหยียบเบรกเพื่อป้องกันไม่ให้กระแสลมพัดรถยนต์ให้เคลื่อนออกไป ส่วนการหาพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถที่ใช้ทำการทดลอง หาได้จากรูปถ่ายในตำแหน่งที่ห่างจากรถ 50 เมตร แล้วใช้พารามิเตอร์ (Parameter) คำนวณหาอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.6 ลักษณะของอุโมงค์ลม  
(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์, เพลิง แสนเกษม)

ค่า  $C_d$  นั้นจะขึ้นอยู่กับรูปทรงของรถซึ่งจะมีค่าลดลงได้ ถ้า

1. ผิวของตัวรถมีความเรียบ
2. รูปทรงพื้นฐานของรถไม่ต้านการไหลและสอดคล้องกับ Streamline ของการไหลของอากาศผ่านตัวรถ
3. มีการออกแบบให้ได้ห้องรถมีความเรียบ และการไหลของอากาศผ่านได้ต้องเกิดแรงต้านการไหลน้อยที่สุด

4. ยานยนต์ต้องมี Frontal area ต่ำ

5. ออกแบบส่วนท้ายให้การไหลของอากาศที่ผ่านตัวถัง มี Turbulant ต่ำสุดการลดแรงต้านทานเนื่องจาก Aerodynamic Drag ลงร้อยละ 10 จะช่วยลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้ร้อยละ 2-3 ถ้าอัตราทดที่เลือกใช้เหมาะสม และทำให้เครื่องยนต์ทำงานอยู่ในช่วงที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

การออกแบบตัวรถเพื่อการประหยัดเชื้อเพลิง โดยการเลือกชนิดวัสดุที่นำมาทำตัวรถให้มีน้ำหนักที่เบาเพื่อลดแรงต้านทานการเคลื่อนที่เนื่องจากน้ำหนัก และอาศัยทฤษฎีทางด้านอากาศพลศาสตร์ดังนี้ คือ

การออกแบบโครงสร้างเพื่อการประหยัดเชื้อเพลิงนั้น จะต้องทำให้โครงสร้างนั้นมีน้ำหนักเบา โดยเลือกชิ้นวัสดุที่นำมาทำโครงสร้างให้มีน้ำหนักที่เบาและสามารถรับน้ำหนักจากส่วนประกอบอื่นๆ ได้ โดยไม่เกิดความเสียหายของวัสดุ เพื่อลดแรงต้านทานการเคลื่อนที่ของรถที่เกิดจากน้ำหนัก และจะต้องคำนึงถึงของผิวสัมผัสหน้ายางที่ทำให้เกิดแรงต้านทานการเคลื่อนที่ของรถที่เกิดจากแรงต้านการหมุน ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และสามารถนำมาใช้ในการออกแบบ โครงสร้าง

วัตถุที่จมอยู่ในการไหลจะมีแรงกระทำโดยของไหล 2 แรงด้วยกัน คือ แรงเฉือนและแรงดันผลลัพธ์แรงทั้งสองจะแบ่งย่อยได้ 2 แรงคือ

1. แรงในแนวขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่เรียกว่า แรงจุด,  $F_D$
2. แรงในแนวตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่เรียกว่า แรงยก,  $F_L$

การไหลผ่านแผ่นระนาบที่วางขนานกับการไหล จะเกิดแรงจุดเนื่องจากแรงเฉือนที่เกิดขึ้น

หากการไหลเป็นแบบราบเรียบ

$$C_f = \frac{\tau_w}{\frac{1}{2}\rho U^2} = \frac{0.664}{\sqrt{Re_x}}$$

สัมประสิทธิ์แรงจุดของการไหลด้วยความเร็ว  $v$  บนแผ่นระนาบยาว  $L$  กว้าง  $b$  คือ

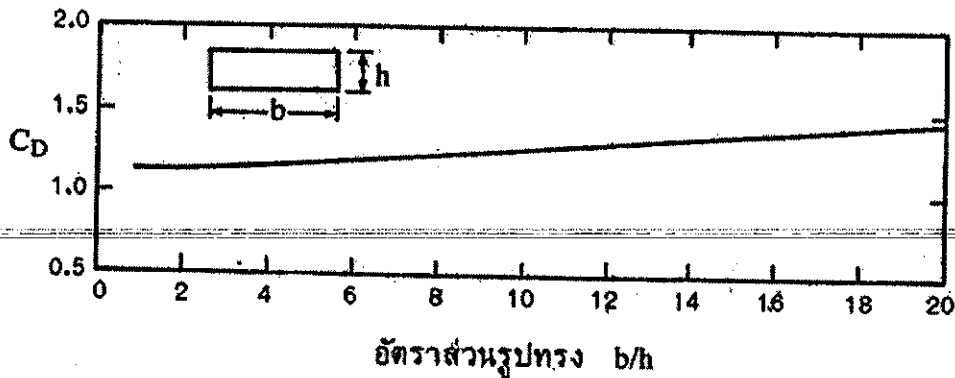
$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho v^2 A} = \frac{\int \tau_w dA}{\frac{1}{2}\rho v^2 A} = 1.328 \left[ \frac{u}{vL} \right]^{0.5} = \frac{1.328}{\sqrt{Re_L}}$$

การไหลผ่านแผ่นระนาบที่วางตั้งฉากกับการไหล จะเกิดแรงจุดเนื่องจากแรงดันที่เกิดขึ้น  
ดังนั้น

$$F_D = \int \rho dA$$

การไหลผ่านแผ่นระนาบนี้จะเกิดการไหลแยกตัว (separation) ขึ้นโดยเริ่มจากบริเวณขอบของระนาบ และถึงแม้ความดันทางด้านหลังจะมีค่าคงที่ก็ไม่อาจหาได้โดยการคำนวณ จึงต้องอาศัยการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์แรงจุด

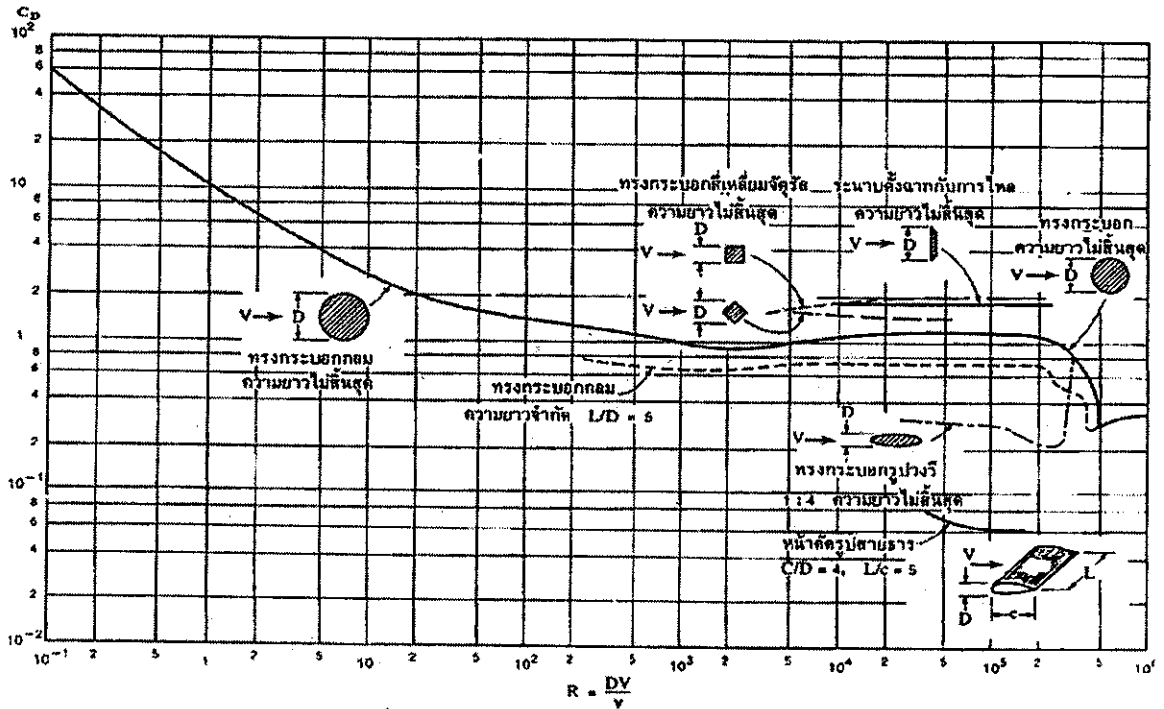
สำหรับระนาบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ค่า  $C_D$  จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนรูปทรง  $\frac{b}{h}$  ดังกราฟในรูปที่ 2.7



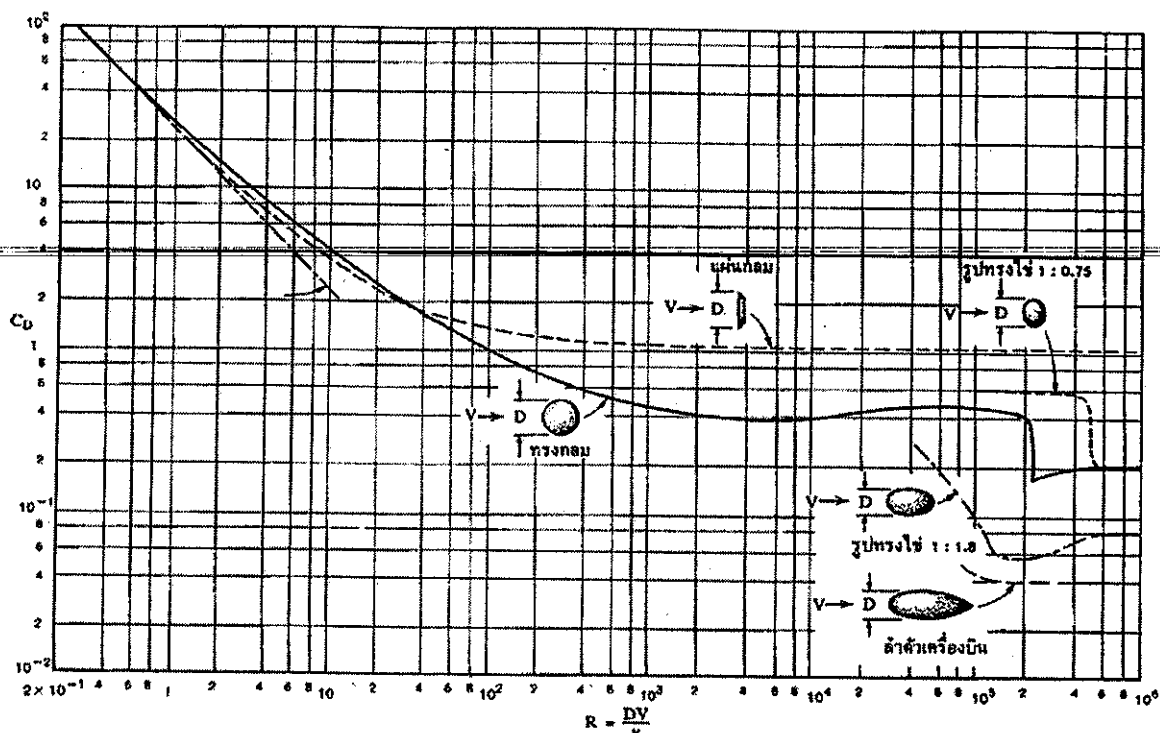
อัตราส่วนรูปทรง  $b/h$   
 รูปที่ 2.7 ค่า  $C_D$  ของระนาบสี่เหลี่ยมผืนผ้า  
 (ที่มา หนังสือกลศาสตร์ของไหล, สมาน มนตรี)

สำหรับรูปทรงต่าง ๆ ที่มีขอบคม ค่า  $C_D$  จะไม่ขึ้นกับ  $Re$  เมื่อ  $Re > 1000$  ทั้งนี้เนื่องจากการไหลแยกตัวจะถูกบังคับให้อยู่ในตำแหน่งที่แน่นอนด้วยลักษณะรูปทรงของวัตถุ

การไหลผ่านทรงกลมและทรงกระบอก จะเกิดแรงดูดเนื่องจากแรงเฉือนและแรงดัน ค่า  $C_D$  สำหรับทรงกลม ทรงกระบอก รวมทั้งรูปทรง 2 มิติและ 3 มิติได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.8 และรูปที่ 2.9 ตามลำดับ



รูปที่ 2.8 ค่า  $C_D$  ของทรงกระบอกและรูปทรงอื่น ๆ ใน 2 มิติ  
 (ที่มา หนังสือกลศาสตร์ของไหล, สมาน มนตรี)

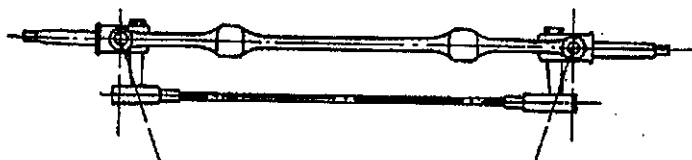


รูปที่ 2.9 ค่า  $C_D$  ของทรงกระบอกและรูปทรงอื่น ๆ ใน 3 มิติ  
(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ของไหล, สมาน มนตรี)

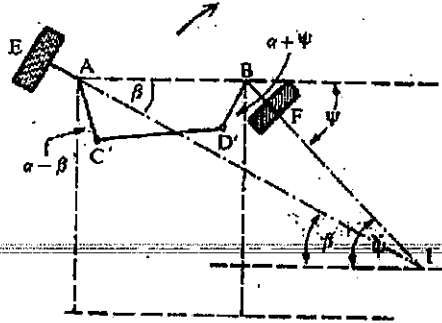
## 2.3 โครงรถ (Frame) และตัวรถ (Body)

### 2.3.1 ระบบบังคับเลี้ยว

ในขณะที่รถยนต์เลี้ยวล้อหน้าทั้งคู่ต้องเลี้ยวสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ถ้าจะให้ล้อข้างใดข้างหนึ่งไถลหรือลากไปข้างๆ ซึ่งจะทำให้ยางสึกหรอรวดเร็วแล้วล้อทั้ง สี่ต้องหมุนจุดหมุนเดียวกัน ระบบบังคับเลี้ยวที่นำมาใช้ มีลักษณะคล้ายกับระบบอ็คเกอร์มาน (The Ackerman Steering Gear) ในรถยนต์แต่จะทำการตัดแปลงให้ง่ายขึ้น คือ ล้อหน้าจะยึดกับหุสติกและจะดันคันทักคันทิ้งต่อจากหุสติกทั้ง 2 ข้างต่อมายังแกนพวงมาลัย เพื่อให้มุมบอดทั้งสองข้างเปลี่ยนไปเป็นมุมที่เท่ากัน



รูปที่ 2.10 การติดคันทิ้งหลังคานหน้า  
(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์, เฟดจ์ แส่นเกษม)



รูปที่ 2.11 ตำแหน่งเลี้ยวขวา  
(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์, เฟคิง แสแกนเกษม)

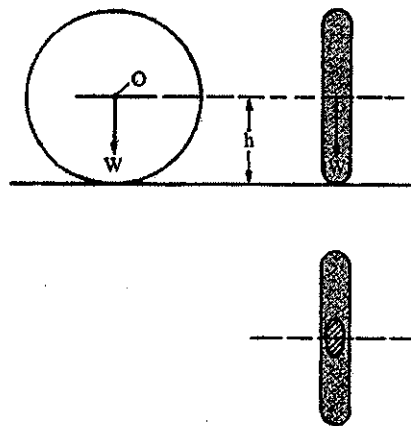
2.3.2 ยาง

2.3.2.1 คุณสมบัติทางสถิติของยางแบบเดิมลม

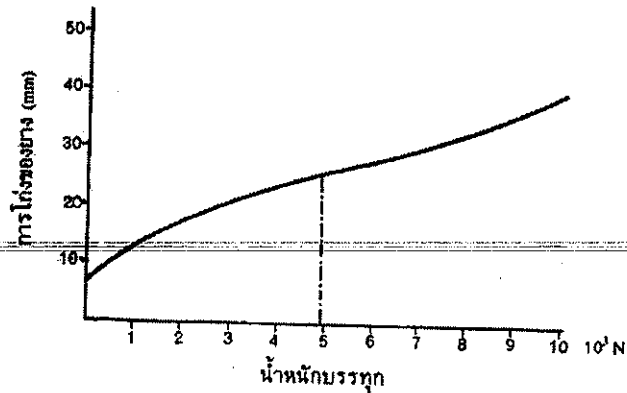
เมื่อล้อรถตั้งรูปสัมผัสกับผิวถนนและรับน้ำหนักทำให้พื้นที่ที่จุดสัมผัสระหว่างยางรถกับผิวถนนมีลักษณะเป็นวงรี ขนาดของพื้นที่นี้ขึ้นอยู่กับ

1. น้ำหนักที่ยางได้รับ
2. ความดันของลมยาง
3. โครงสร้างของยาง

เมื่อยางรับน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้น ความสูง ( $h$ ) ก็จะลดลงและในขณะเดียวกัน การโค้งของแกน  $O$  จะเพิ่มขึ้นซึ่งแสดงว่าลักษณะของการโค้งนี้ แปรค่าตามน้ำหนักที่รับไว้ ซึ่งจะเห็นได้จากรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.12 ลักษณะของยาง  
(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์, เฟคิง แสแกนเกษม)



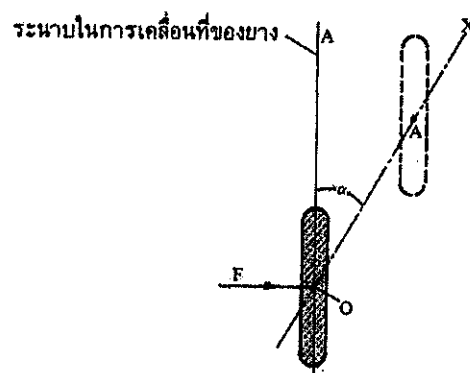
รูปที่ 2.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของน้ำหนักรรทุกและการโก่งของยาง  
(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์, เฟดจ์ แสแกนเกษม)

ถ้าให้น้ำหนักที่ยางรองรับไว้ตามปกติมีค่าไม่มากนัก เส้นกราฟนี้ก็จะเป็นเส้นตรงซึ่งยางจะโก่งเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

#### 2.3.2.2 ลักษณะการกลิ้งตัวของยาง

จากรูปที่ 2.10 เป็นรูปแสดงให้เห็นว่าล้ออยู่ในแนวตั้งฉากโดยไม่มีแรงมากระทำในแนวตั้งฉาก ดังนั้นล้อก็จะกลิ้งตัวไปตามแนวการเคลื่อนที่ในทิศทาง OA แต่ถ้ามีแรง  $F$  กระทำตามเพลาล้อ ในขณะที่ล้อเคลื่อนที่ไป ล้อก็จะเคลื่อนที่ไปตามแนว OX ทำมุมกับแนวเดิมเป็นมุมแอลฟา มุมนี้เราเรียกว่า มุมไถล โดยขนาดของมุมนี้ขึ้นอยู่กับ

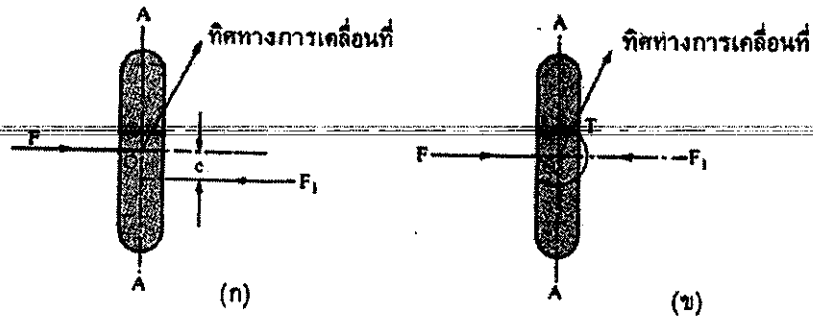
1. ขนาดของแรง  $F$
2. น้ำหนักรถ
3. ความดันในลมยาง
4. โครงสร้างของยาง



รูปที่ 2.14 การกลิ้งตัวของยาง  
(ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์, เฟดจ์ แสแกนเกษม)



เมื่อล้อเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วคงที่ในทิศทาง OX แล้วแรง F จะสมดุลด้วยแรง  $F_1$  (Cornering Force) ซึ่งมีขนาดเท่ากัน ที่ตำแหน่งระหว่างพื้นถนนกับล้อดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.15 การเกิดแรงคู่ควมเนื่องจากแรง  $F_1$  (ที่มา หนังสือกลศาสตร์ยานยนต์, เฟดจิก แสแกนเกษม)

จากรูปที่ 2.11 เมื่อแรง  $F_1$  ที่เกิดขึ้นนั้นกระทำขนานกับพื้นผิวถนน ก็จะเกิดแรงคู่ควม  $F_1 C = T$  นี้เรียกว่า แรงบิดปรับสภาพ (Self Aligning Torque) ส่วนระยะทาง  $C$  ซึ่งเป็นระยะทางที่แรงกระทำ  $F_1$  ผ่านจากแกนล้อนี้เรียกว่า นิวแมติกเทรล (Pneumatic Trail)

### 2.3.3 มุมล้อหน้า

มุมล้อหน้าคือ ความสัมพันธ์ระหว่างมุมต่างๆ ของล้อหน้า ชิ้นส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับมุมล้อหน้า และโครงล้อ จะเห็นได้ว่ามุมล้อหน้าจะไม่อยู่ในแนวตั้ง สลักล้อหน้า (Kingpin) ลูกหมากปีกนก (Ball joint) อาจเอียงไปจากแนวตั้งเมื่อมองจากทางด้านหน้าหรือด้านข้างของรถ ยางอาจหุบเข้าด้านในขณะรถวิ่งทางตรง สิ่งต่างๆ เหล่านี้เป็นส่วนเกี่ยวข้องกับมุมล้อหน้าทั้งสิ้น มุมต่างๆ เหล่านี้เป็นส่วนเกี่ยวข้องกับการทำให้พวงมาลัยหนักหรือเบา ดอกยางสึกหรือผิดปกติ การบังคับรถง่ายหรือยาก มุมล้อหน้าเหล่านี้ต่างเรียกว่า มุมแคสเตอร์ (Caster) มุมแคมเบอร์ (Camber) มุมเอียงสลักล้อหน้าหรือมุมเอียงสลักลูกหมากปีกนก โทอิน (Toe-in) โทเอาท์เทิน (Toe-out on turn)

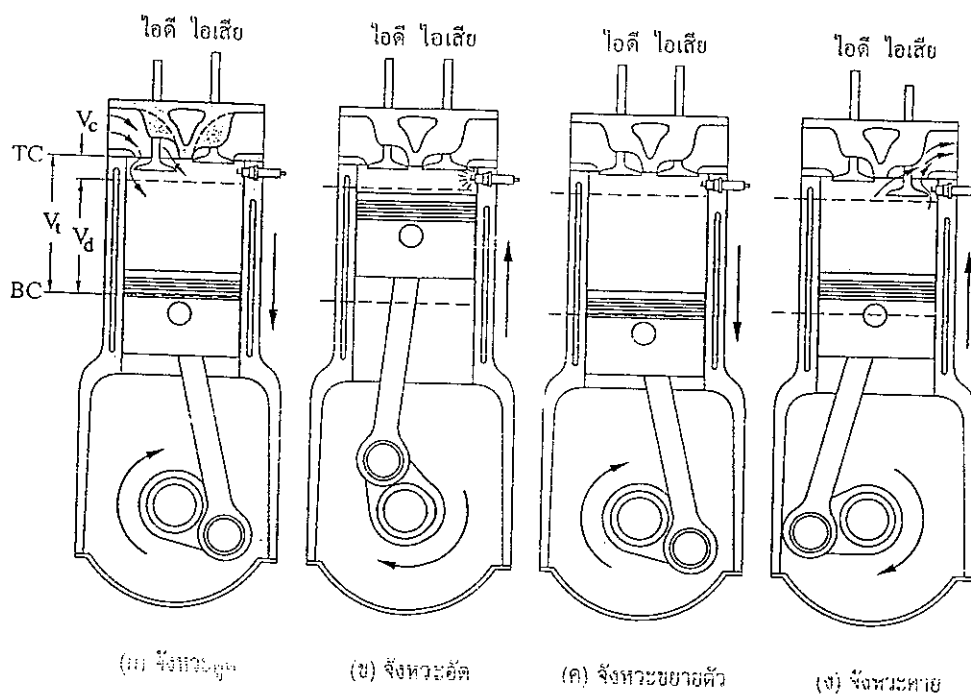
### 2.4 เครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่ใช้คือเครื่องยนต์ของรถรุ่น NF 125 นี้เป็นเครื่องยนต์ประเภท 4 จังหวะ ที่มีปริมาตรความจุกระบอกสูบ 124.9 ซีซี. ระบายความร้อนด้วยอากาศ ระบบส่งกำลังเกียร์ 4 ระดับแบบขบกันตลอด การทำงานของคลัทช์เป็นแบบอัตโนมัติ ระบบสตาร์ทมีทั้งแบบสตาร์ทด้วยเท้าและแบบสตาร์ทด้วยไฟฟ้า (สตาร์ทมือ) ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงใช้คาร์บูเรเตอร์แบบลูกเร่งมีสวิทช์ตรวจจับการเปิดของลูกเร่ง (Throttle Switch Sensor) เพื่อกำหนดจังหวะการจุดระเบิดให้สัมพันธ์กับการ

เปิดของลูกสูบและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เป็นผลให้เครื่องยนต์ของ NF 125 มีอัตราการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 20%-30% เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ NF 110

เครื่องยนต์ของ NF 125 นี้เป็นเครื่องยนต์ประเภท 4 จังหวะ ซึ่งวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ คือ

วัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะในแต่ละกระบอกสูบของเครื่องยนต์จะต้องใช้ จังหวะในการเคลื่อนที่ของลูกสูบ 4 จังหวะ หรือ 2 รอบของการหมุนเพลาลูกข้อเหวี่ยงเพื่อให้ลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นซึ่งได้จังหวะกำลัง 1 จังหวะนั้นสมบูรณ์หรือให้ครบ 1 วัฏจักรการทำงาน



รูปที่ 2.16 แสดงวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ  
(ที่มา หนังสือเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน , รศ.วีระศักดิ์ ทรัพย์วิเชียร)

วัฏจักรการทำงาน 4 จังหวะประกอบด้วยจังหวะต่าง ๆ ในทางทฤษฎี คือ

1. จังหวะดูด (Intake Stroke) หรือจังหวะเอาไอดีเข้า เริ่มต้นเมื่อลูกสูบอยู่ที่ TC และสิ้นสุดเมื่อลูกสูบอยู่ที่ BC ไอดีจะถูกนำเข้าไปในกระบอกสูบโดยในระหว่างจังหวะดูดนี้วาล์วไอดีจะเปิดและวาล์วไอเสีจะปิด

2. จังหวะอัด (Compression Stroke) สารผสมในกระบอกสูบถูกอัดให้ปริมาตรลดลง โดยลูกสูบเคลื่อนที่จาก BC ไปยัง TC ในขณะที่วาล์วทั้งสองปิดอยู่และเมื่อลูกสูบอยู่ที่ TC จะมีการจุด

ระเบิดและการเผาไหม้ของสารผสมอากาศกับเชื้อเพลิง ทำให้ความดันกระบอกสูบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

3. จังหวะกำลังหรือจังหวะขยายตัว (Power Stroke หรือ Expansion Stroke) ซึ่งเริ่มต้นเมื่อลูกสูบอยู่ที่ TC และสิ้นสุดเมื่อลูกสูบอยู่ที่ BC โดยแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ของอากาศกับเชื้อเพลิง ซึ่งมีอุณหภูมิและความดันสูงจะดันลูกสูบลงและทำให้เพลาคือเหวี่ยงหมุน ในระหว่างจังหวะกำลังนั้นวาล์วไอดีและไอเสียจะปิด

4. จังหวะคาย (Exhaust Stroke) เริ่มต้นเมื่อลูกสูบอยู่ที่ BC และวาล์วไอเสียเปิด ส่วนวาล์วไอดียังคงปิดอยู่ แก๊สที่ขยายตัวแล้วถูกดันตัวออกจากกระบอกสูบโดยลูกสูบเคลื่อนจาก BC ไปยัง TC

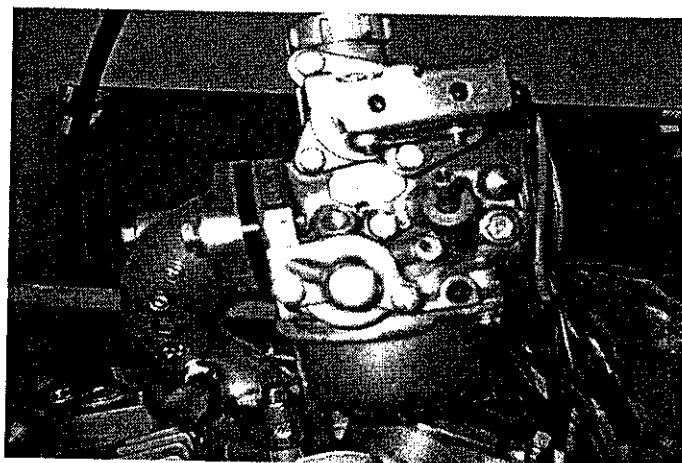
เครื่องยนต์มีระบบการทำงานหลักๆ ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ และกำลังของเครื่องยนต์คือ

1. ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง และอากาศ
2. ระบบหล่อลื่น
3. ระบบไฟฟ้า
4. ระบบระบายความร้อน

#### 2.4.1 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง และอากาศ

ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง และอากาศนี้เครื่องยนต์จะมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการผสมอัตราส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศ คือ คาร์บูเรเตอร์

##### 2.4.1.1 คาร์บูเรเตอร์



รูปที่ 2.17 คาร์บูเรเตอร์

ตาราง 2.5 ข้อมูลทางเทคนิคของระบบน้ำมันเชื้อเพลิง

รายการ	ค่ามาตรฐาน
แบบคาร์บูเรเตอร์	Variable Venturi Directslide
ขนาดของคอคอดของท่ออากาศคาร์บูเรเตอร์	18 มม. (0.71 นิ้ว) หรือเทียบเท่า
นมหนูใหญ่	#78
นมหนูเดินเบา	#35
รอบเดินเบา	1400 ± 100 รอบต่อนาที

การทำงานของคาร์บูเรเตอร์จะมีระบบการทำงานดังนี้คือ

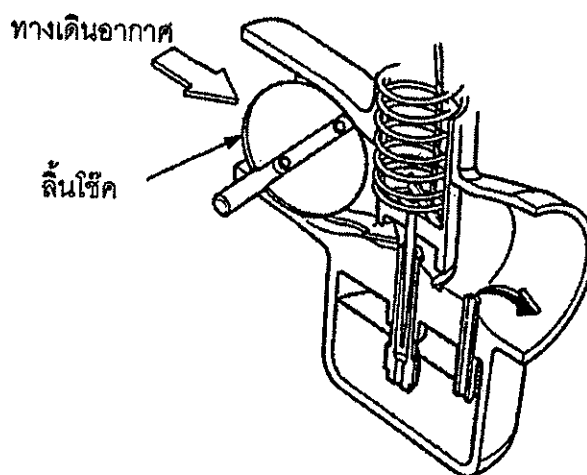
#### 2.4.1.1.1 ระบบลูกลอย

ระบบลูกลอยภายในคาร์บูเรเตอร์ มีหน้าที่รักษาระดับน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องลูกลอยให้คงที่อยู่เสมอ เพื่อให้เครื่องยนต์จะได้รับส่วนผสมที่พอเหมาะทุกสภาวะการทำงาน

#### การทำงานของระบบลูกลอย

เมื่อปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องลูกลอยถูกใช้ไปในระดับลูกลอยลดต่ำลง ส่งผลให้เข็มลูกลอยเปิดช่องทางระดับลูกลอยจะลดต่ำลง ส่งผลให้เข็มลูกลอยเปิดช่องทางให้น้ำมันไหลผ่านเข้ามายังห้องลูกลอยได้ ทำให้ระดับน้ำมันในห้องลูกลอยสูงขึ้น และลูกลอยจะลอยสูงขึ้น ทำให้เข็มลูกลอยปิดช่องทางน้ำมัน

#### 2.4.1.1.2 ระบบใช้คาร์บูเรเตอร์



รูปที่ 2.18 ระบบใช้คาร์บูเรเตอร์

(ที่มา หนังสือคู่มือการซ่อม HONDA WAVE 125 , บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด)

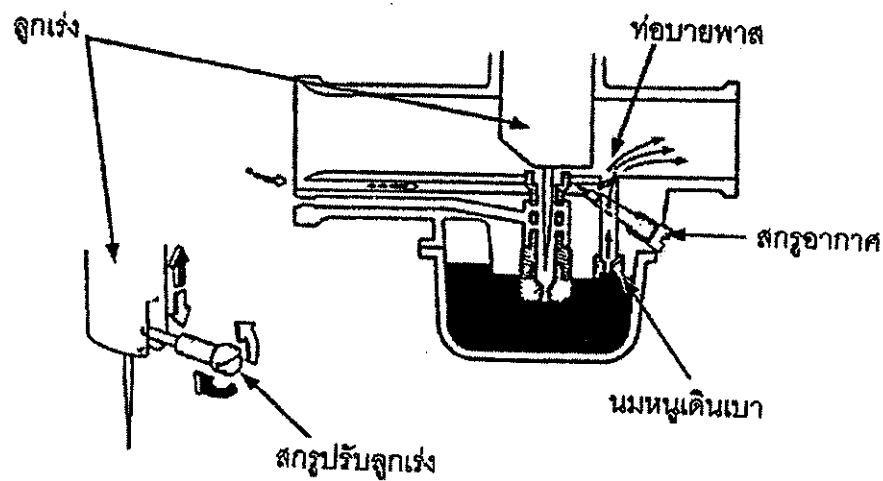
ระบบไช้คคาร์บูเรเตอร์ เป็นระบบที่ทำหน้าที่ผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศในอัตราส่วนที่  
 หนา เพื่อใช้ในการสตาร์ทเครื่องยนต์ในขณะที่เครื่องยนต์ยังเย็นอยู่ ทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดได้  
 ง่าย

#### 2.4.1.1.3 ระบบเดินเบา

ในระบบเดินเบา ลูกเร่งจะถูกสปริงกดให้อยู่ตำแหน่งต่ำสุด อากาศจะผ่านทางวงจรเดินที่  
 ท่อทางเดินเบาที่เป็นท่อทองเหลืองที่อยู่ด้านข้างของคาร์บูเรเตอร์ อากาศจะผ่านเข้าไปที่สกรูอากาศ  
 ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมปริมาณอากาศที่จะผ่านไปยังนมหนูเดินเบา เพื่อผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงกลายเป็น  
 ส่วนผสมไอดี ก่อนที่จะเข้ากระบอกสูบต่อไป

โดยอากาศที่ผ่านเข้ามาในระบบเดินเบา จะถูกกรองด้วยกรองอากาศ 2 ชั้นตอนโดยกรอง  
 อากาศตัวใหญ่และกรองอากาศตัวนอกทำให้อากาศที่ได้มีความสะอาดส่งผลให้มีการเผาไหม้ที่  
 สมบูรณ์

#### 2.4.1.1.4 ระบบความเร็วต่ำ



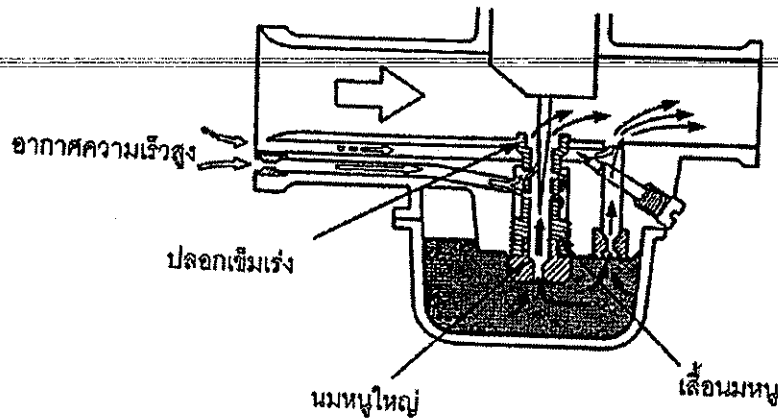
รูปที่ 2.19 ระบบความเร็วต่ำ

(ที่มา หนังสือคู่มือการซ่อม HONDA WAVE 125 , บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด)

ระบบความเร็วต่ำจะทำงานต่อเนื่องจากระบบเดินเบาคือ เมื่อปิดคันเร่งลูกเร่งจะเลื่อนขึ้น  
 เปิดช่องทางให้อากาศไหลผ่านคาร์บูเรเตอร์ อากาศที่วิ่งผ่านคอคอดจะมีความเร็วสูงเนื่องจากขนาด

ของคอคอดยังเล็กอยู่เกิดสูญญากาศดูดน้ำมันเชื้อเพลิง จากห้องลูกลอย ผ่านขึ้นทางชุดเข็มเร่ง ซึ่งเข็มเร่งทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

#### 2.4.1.1.5 ระบบความเร็วสูง

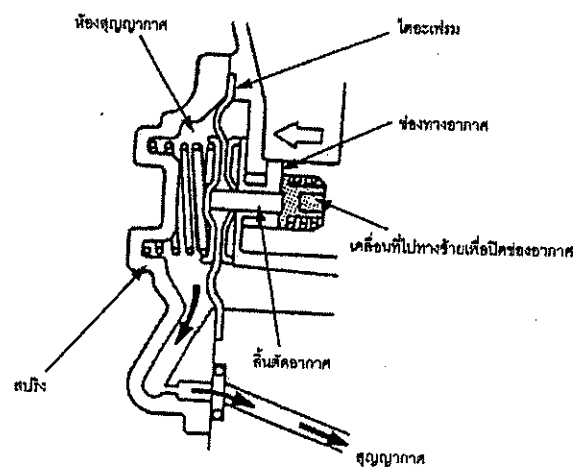


รูปที่ 2.20 ระบบความเร็วสูง

(ที่มา หนังสือคู่มือการซ่อม HONDA WAVE 125 , บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด)

เมื่อปิดคันเร่งมากขึ้น ที่ตำแหน่งต่อเนื่องจากระบบความเร็วต่ำ ลูกเร่งจะยกตัวขึ้นสูงมากทำให้อากาศวิ่งผ่านคาร์บูเรเตอร์ได้มากขึ้น อากาศที่วิ่งผ่านที่วิ่งผ่านด้วยความเร็วสูงส่งผลให้เกิดสูญญากาศมากและดูดน้ำมันเชื้อเพลิงจากห้องลูกลอยขึ้นมาผสมกับอากาศได้มาก ซึ่งปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดขึ้นมาจะถูกควบคุมโดยนมหนูหลัก

#### 2.4.1.1.6 ระบบตัดอากาศ (Air Cut-Off Valve System)



รูปที่ 2.21 ระบบตัดอากาศ

(ที่มา หนังสือคู่มือการซ่อม HONDA WAVE 125 , บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด)

๑  
TL  
156  
๓๙47๗  
๙๕45

4740027

26 พ.ย. 2546

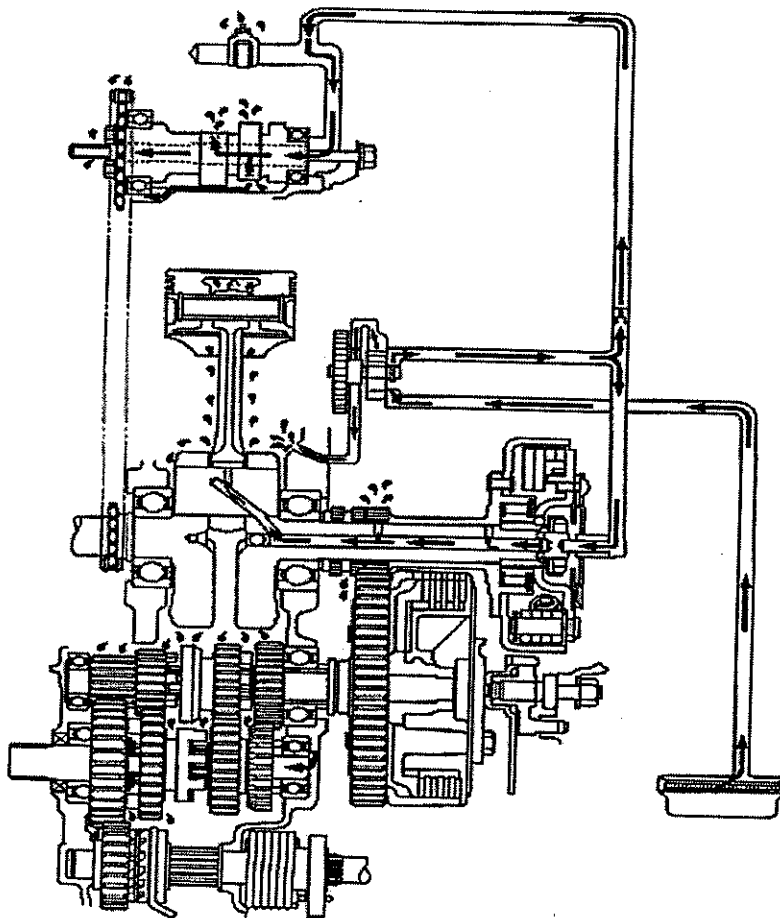


สำนักทดสอบ

### การทำงานของระบบลิ้นตัดอากาศ

ในสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ปกติ สปริงจะดันไคอะเฟรมของชุดลิ้นตัดอากาศ ให้เปิดวาล์วตัดอากาศไว้ ทำให้อากาศสามารถวิ่งผ่านวาล์วตัดอากาศไปยังท่อเดินเบาได้ ในกรณีที่ขับด้วยความเร็วสูงแล้วมีการผ่อนคันเร่งแบบทันทีทันใดจะทำให้เกิดสุญญากาศในท่อไอดีมาก จนสามารถเอาชนะแรงดันสปริงของลิ้นตัดอากาศได้ ไคอะเฟรมให้เคลื่อนที่กลับมา ลิ้นตัดอากาศถูกปิดทำให้อากาศไม่สามารถผ่านไปที่วาล์วเดินเบาได้ เป็นการป้องกันการเกิด AFTER BURN หรือการระเบิดที่ท่อไอเสีย ซึ่งการตัดอากาศของลิ้นตัดอากาศจะทำงานพร้อมกันกับการตัดอากาศของตัว AI ซึ่งจะเป็นการตัดเพียงชั่วคราวเดียว

#### 2.4.2 ระบบหล่อลื่น

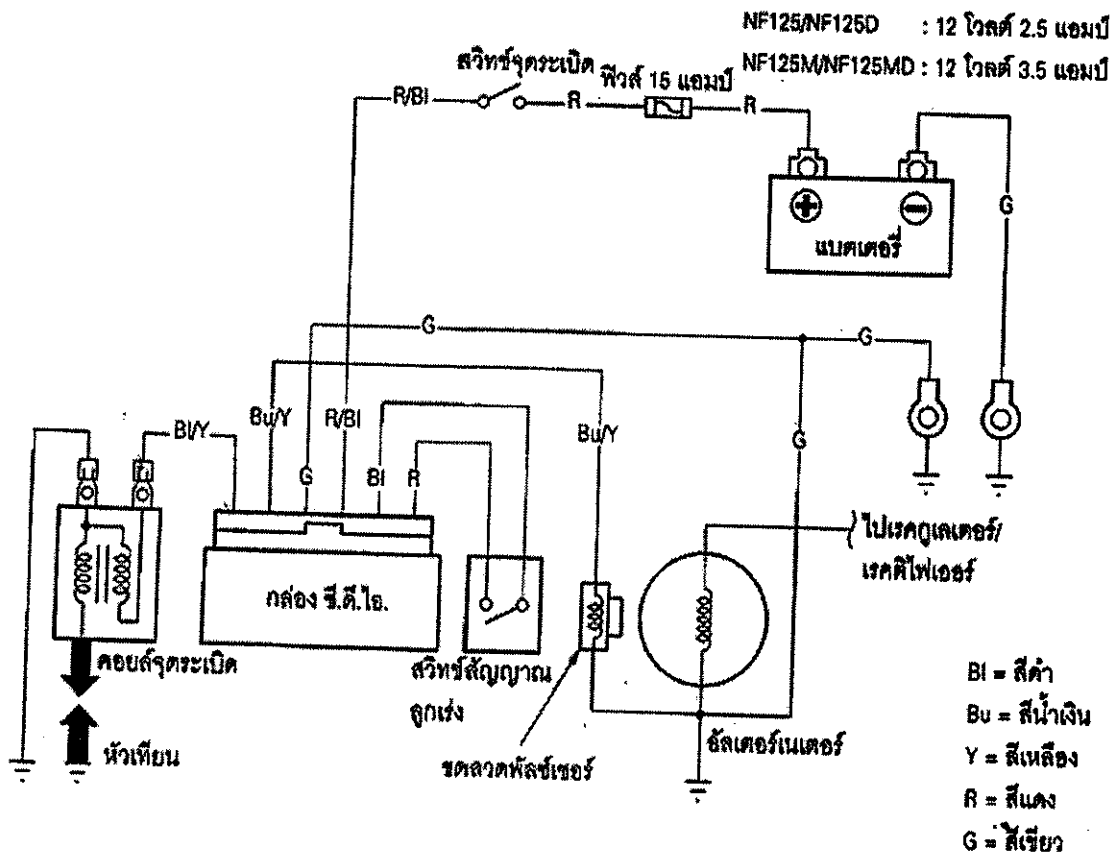


รูปที่ 2.22 ระบบหล่อลื่น

(ที่มา หนังสือคู่มือการซ่อม HONDA WAVE 125 , บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด)

ระบบหล่อลื่นในรถจักรยานยนต์รุ่น NF 125 จะยังคงเหมือนกันกับระบบหล่อลื่นในเครื่องยนต์ทั่วไปของฮอนด้า ควรศึกษาทิศทางการไหลของระบบหล่อลื่น ดังรูป เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาเบื้องต้นที่อาจจะเกิดขึ้นจากความผิดปกติของระบบหล่อลื่น

2.4.3 ระบบไฟฟ้า



รูปที่ 2.23 ระบบไฟฟ้า

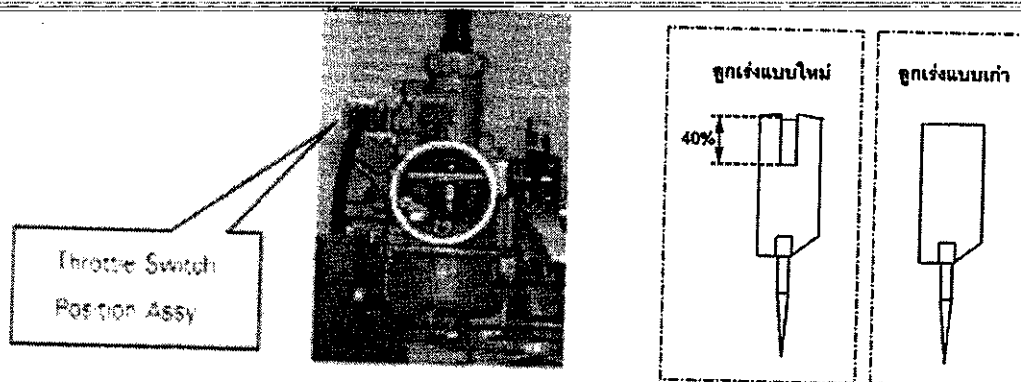
(ที่มา หนังสือคู่มือการซ่อม HONDA WAVE 125 , บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด)



### 2.4.3.1 การควบคุมการจุดระเบิดแบบสองขั้นตอน (TWIN IGNITION SYSTEM CONTROL)

ส่วนประกอบสำคัญของระบบ

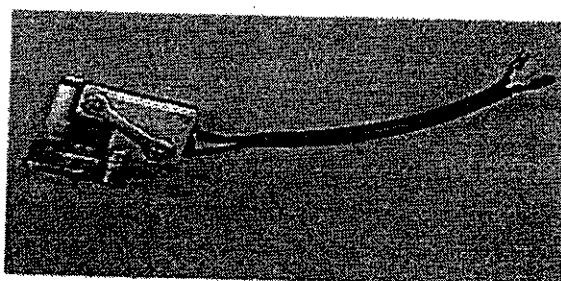
#### 2.4.3.1.1 CARBURATOR



รูปที่ 2.24 CARBURATOR

(ที่มา หนังสือคู่มือการซ่อม HONDA WAVE 125 , บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด)

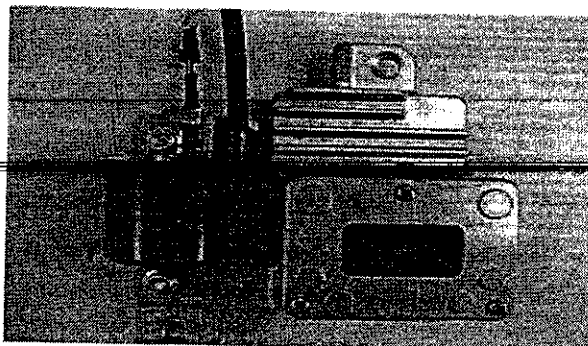
#### 2.4.3.1.2 THROTTLE SWITCH SENSOR



รูปที่ 2.25 THROTTLE SWITCH SENSOR

(ที่มา หนังสือคู่มือการซ่อม HONDA WAVE 125 , บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด)

### 2.4.3.1.3 CDI UNIT



รูปที่ 2.26 CDI UNIT

(ที่มา หนังสือคู่มือการซ่อม HONDA WAVE 125 , บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด)

### 2.4.3.2 ระบบ TWIN IGNITION SYSTEM CONTROL (TISC)

คือระบบจุดระเบิดที่มีการกำหนดองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าเป็น 2 รูปแบบ หรือ 2 PATTERN

PATTERN 1 ในขณะที่ขับขี่ เมื่อลูกเร่งของคาร์บูเรเตอร์เลื่อนตัวขึ้นไม่เกิน 40% ของระยะทั้งหมดตำแหน่งองศาจุดระเบิดล่วงหน้าจะสูงประมาณ 35 องศา

PATTERN 2 เมื่อลูกเร่งของคาร์บูเรเตอร์เลื่อนตัวขึ้นเกินกว่า 40% ของระยะทั้งหมดตำแหน่งองศาจุดระเบิดล่วงหน้าจะลดลงเหลือประมาณ 27 องศา

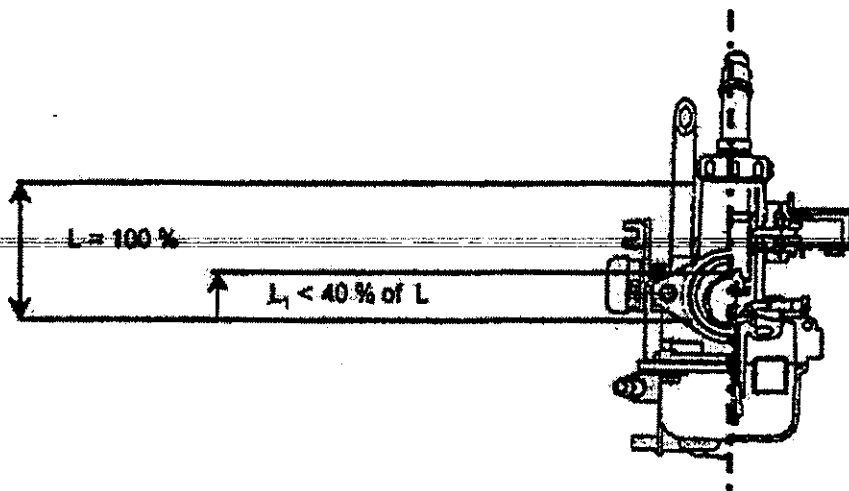
จากเหตุการณ์ดังกล่าว จะทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งจังหวะจุดระเบิดของเครื่องยนต์ได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับการเปิดของลูกเร่งคาร์บูเรเตอร์ และรอบของเครื่องยนต์ จึงทำให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้มีความสมบูรณ์ ทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง

### 2.4.3.3 ชิ้นส่วนสำคัญของระบบ THROTTLE SWITCH

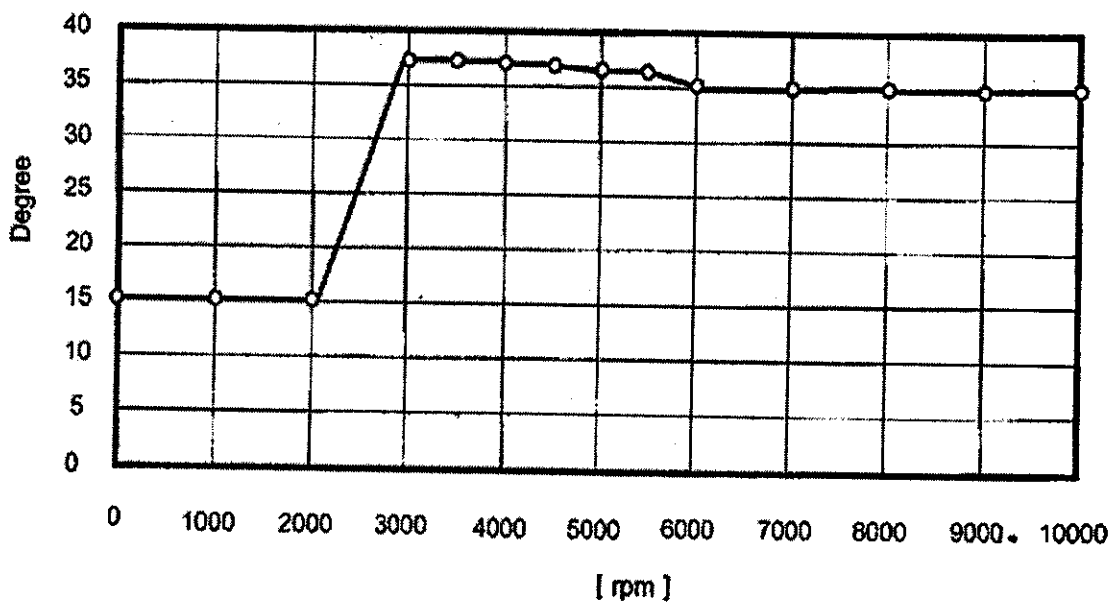
จะติดตั้งอยู่ที่คาร์บูเรเตอร์โดยเดี่ยของสวิทช์จะสัมผัสกับเทเปอร์ของลูกเร่งคาร์บูเรเตอร์ เมื่อลูกเร่งของคาร์บูเรเตอร์เลื่อนขึ้นลง หน้าเทเปอร์จะกดและปล่อยเดี่ยสวิทช์ ทำให้สวิทช์ทำการเปิดปิด

ในขณะที่ขับขี่ เมื่อลูกเร่งของคาร์บูเรเตอร์เลื่อนตัวขึ้นไม่เกิน 40% สวิทช์จะเปิด และส่งสัญญาณไปที่ชุด CDI เพื่อกำหนดการจุดระเบิดเป็นแบบ PATTERN 1 เกิดการจุดระเบิดล่วงหน้าประมาณ 35 องศา

เมื่อลูกเร่งของคาร์บูเรเตอร์เลื่อนตัวเกินกว่า 40% สวิทช์จะปิด ไม่มีสัญญาณส่งไปที่ชุด CDI จังหวะจุดระเบิดจะเป็นแบบ PATTERN 2 เกิดการจุดระเบิดล่วงหน้าประมาณ 27 องศา

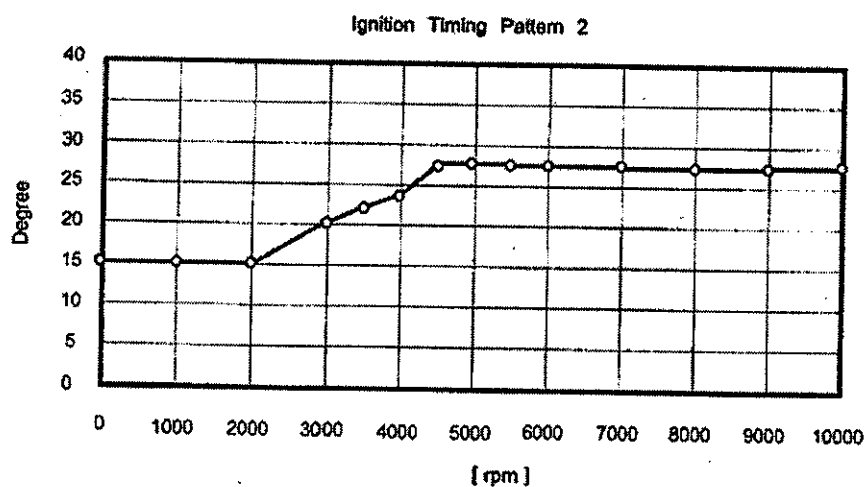
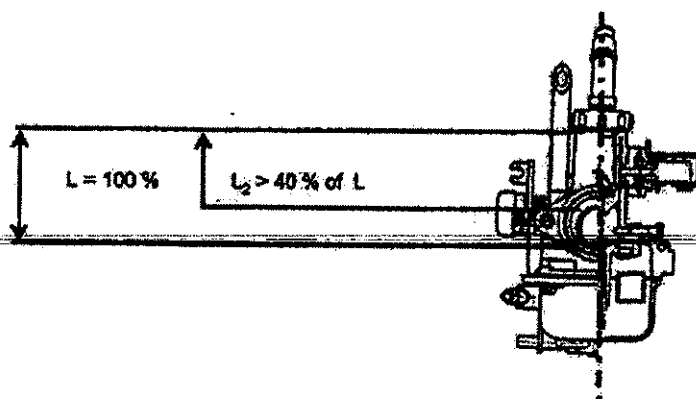


Ignition Timing Pattern 1



รูปที่ 2.27 การทำงานใน PATTERN 1

(ที่มา หนังสือคู่มือการซ่อม HONDA WAVE 125 , บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด)



รูปที่ 2.28 การทำงานใน PATTERN 2

(ที่มา หนังสือคู่มือการซ่อม HONDA WAVE 125 , บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด)

#### 2.4.4 ระบบการระบายความร้อน

ระบบการระบายความร้อนของเครื่องยนต์รุ่นนี้จะใช้การระบายความร้อนด้วยอากาศ ซึ่งจะมีลักษณะเป็นครีบบระบายความร้อนโดยอาศัยอากาศที่ไหลผ่านผิวสัมผัสของครีบบระบายความร้อนเป็นตัวพาความร้อนออกจากเครื่องยนต์

### 2.5 พารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดการออกแบบและการทำงานของเครื่องยนต์

#### 2.5.1 กำลังเบรก

กำลังเบรก (brake power,  $P_b$ ) เป็นกำลังที่วัดได้ที่เพลาข้อเหวี่ยงหรือที่ล้อตุนกำลังของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นกำลังที่นำไปใช้งานได้นั่นเอง การวัดกำลังเบรกจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า

ไดนาโมมิเตอร์ (dynamometer) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด โดยจะวัดออกมาอยู่ในรูปของทอร์กและรอบการหมุนของเครื่องยนต์

### 2.5.2 กำลังขับเคลื่อนบนถนน

กำลังขับเคลื่อนบนถนน (road – load power , P<sub>r</sub>) เป็นกำลังที่ต้องการใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์ไปบนถนนระดับที่ความเร็วคงตัว ซึ่งก็คือกำลังเพื่อเอาชนะความต้านทานการกลิ้งของล้อ (rolling resistance) และแรงต้านอากาศพลวัต (aerodynamic drag) นั้นเอง

### 2.5.3 ความดันยังผลเฉลี่ย

ทอร์กเป็นการวัดความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ แต่ทอร์กจะขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องยนต์ (เครื่องยนต์ใหญ่ให้ทอร์กสูง เครื่องยนต์เล็กให้ทอร์กต่ำ) จึงมีการกำหนดการวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบขึ้น โดยได้จากการหางานต่อวัฏจักรด้วยปริมาตรกระจัดต่อวัฏจักร ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นแรงต่อพื้นที่ จึงเรียกว่าความดันยังผลเฉลี่ย (mean effective pressure , mep)

$$mep = \frac{P \times n_r \times 10^3}{V_d \times N}$$

ความดันยังผลเฉลี่ยยังสามารถแสดงในรูปของทอร์กโดยแทนค่าทอร์กจากสมการ

$$mep = \frac{6.28n_r T}{V_d}$$

ค่าความดันยังผลเฉลี่ยจากสมการข้างต้น จะขึ้นอยู่กับกำลังที่ใช้ในการหา ถ้ากำลังบ่งชี้ก็จะได้เป็นความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้ (indicated mean effective pressure , imep) ถ้าใช้กำลังเบรกกี้จะได้เป็นความดันยังผลเฉลี่ยเบรก (brake mean effective pressure , bmep)

### 2.5.4 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะและประสิทธิภาพ

ในการทดสอบเครื่องยนต์ การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะถูกวัดเป็นอัตราการไหลของมวล (ṁ) ซึ่งเครื่องยนต์ขนาดใหญ่จะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบได้จึงกำหนดในรูปของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (specific fuel consumption , sfc) ซึ่งเป็นอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังที่ให้ออกมาและเป็นการวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในการใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตงานออกมา

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{P}$$

ค่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะยิ่งต่ำก็ยิ่งดี และโดยทั่วไปแล้วจะคำนวณในรูปของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค (brake specific fuel consumption , bsfc) คือเป็นอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังเบรคที่ให้ออกมา (P จากสมการเป็น  $P_b$ )

เนื่องจากการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเป็นค่าที่มีหน่วย ทำให้ไม่สะดวกในการนำไปใช้ จึงได้มีการกำหนดค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในรูปของค่าที่ไม่มีหน่วยขึ้น ซึ่งก็คือ อัตราส่วนระหว่างงานที่ได้ต่อวัฏจักรกับพลังงานเชื้อเพลิงที่ใส่เข้าไปต่อวัฏจักร โดยพลังงานเชื้อเพลิงที่สามารถปล่อยออกมาจากการเผาไหม้จะหาได้จากมวลของเชื้อเพลิงที่ส่งเข้าไปในเชื้อเพลิงที่ส่งเข้าไปในเครื่องยนต์ต่อวัฏจักรคูณด้วยความร้อนของเชื้อเพลิง อัตราส่วนดังกล่าวนี้เรียกว่า ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง (fuel conversion efficiency,  $\eta_u$ )

$$\eta_u = \frac{P}{\dot{m}_f Q_{HV}}$$

### 2.5.5 อัตราส่วนอากาศต่อน้ำมัน (Air-Fuel Ratio)

พลังงานที่เครื่องยนต์นำมาใช้งานจะมาจากการเผาไหม้ของน้ำมัน โดยอากาศจะเป็นตัวนำออกซิเจนเข้ามาเพื่อทำปฏิกิริยาระหว่างอากาศ/เชื้อเพลิง (A/F ratio) =  $\frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f}$

อัตราส่วนเคมีความสัมพันธ์ของอากาศ(ออกซิเจน) และน้ำมันอาจแทนด้วย Air-Fuel Ratio (A/F) และ Fuel-Air Ratio (F/A) โดย

$$\text{อัตราระหว่าง เชื้อเพลิง/อากาศ (F/A ratio)} = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_a}$$

$$\begin{aligned} \text{โดย } m_a &= \text{มวลอากาศ} \\ m_f &= \text{มวลน้ำมัน} \end{aligned}$$

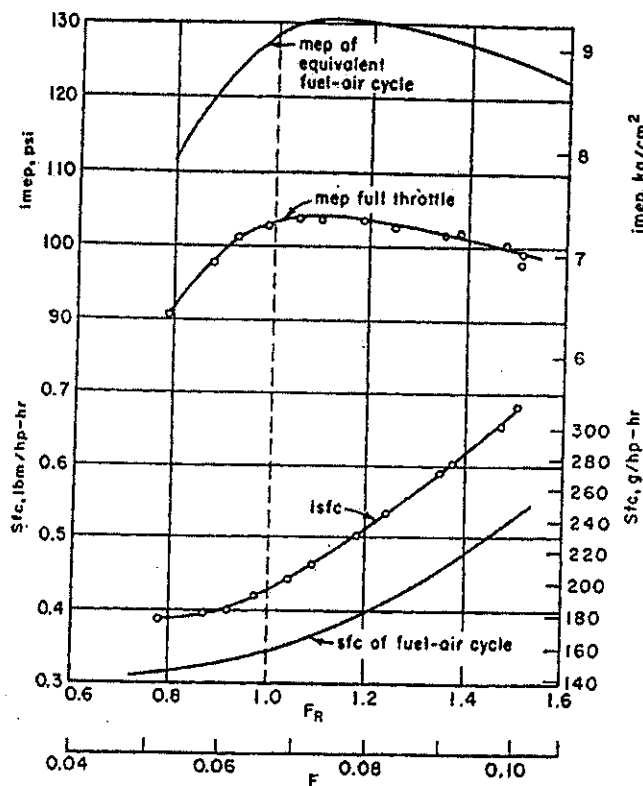
ค่า AF ทางทฤษฎีที่เหมาะสมในการเผาไหม้จะใกล้เคียง 14.7 : 1 โดยการเผาไหม้ที่เป็นไปได้จะอยู่ระหว่าง 6-19 ถ้า AF น้อยกว่า 6 จะหนาเกินไป และ AF มากกว่า 19 จะบางเกินไป จนไม่สามารถเผาไหม้ได้ในเครื่องยนต์จะอยู่ระหว่าง 12-18 โดยจะขึ้นอยู่กับสภาพการขับจี (การเร่ง การเบรค การออกตัว การสตาร์ท ฯลฯ)

$$\begin{aligned} \phi &= \text{AF}_{\text{ideal}}/\text{AF}_{\text{actual}} \\ \text{โดย } \phi &= \text{Equivalent Ratio} \end{aligned}$$

## 2.6 สารผสมที่ต้องการในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

โดยทั่วไปความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ให้อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศที่เหมาะสมที่สุดซึ่งจะต้องการทอร์คหรือความดันยังผลเฉลี่ยเบรกสูงสุด (bmep) ที่ทำให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด และการทำงานที่ราบเรียบและเชื่อถือได้ ค่าอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างดังที่จะกล่าวถึง

วิธีหนึ่งที่จะหาอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดที่ความเร็วรอบต่างๆให้ปรับค่า F/A ratio โดย bmep และตำแหน่งการเปิดลิ้นวาล์วคงที่และทำซ้ำที่ความเร็วตลอดอายุการใช้งาน หรือทดสอบที่การเปิดลิ้นวาล์วและ mep คงที่และวัดค่า F/A ratio คงที่ จากรูป 2.24 แสดงเส้นโค้งความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงบ่งชี้โดย อัตราส่วนสารผสมที่การเปิดลิ้นเร่งตำแหน่งหนึ่ง

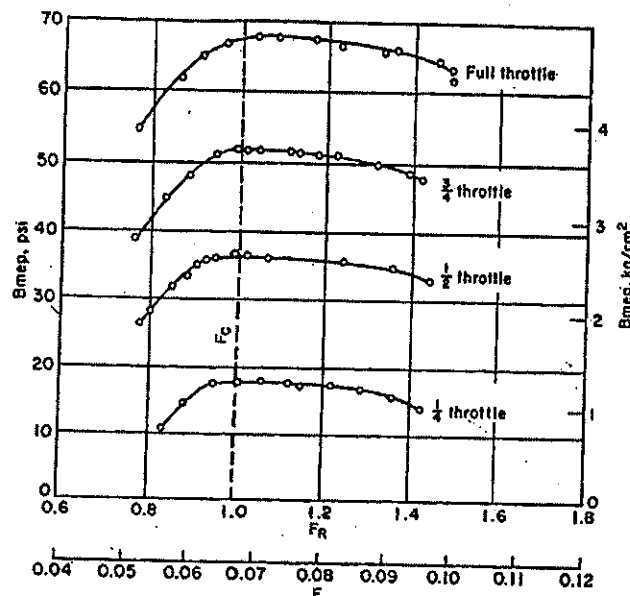


รูปที่ 2.29 แสดงผลของอัตราส่วนเชื้อเพลิงที่ความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้และการประหยัดเชื้อเพลิง

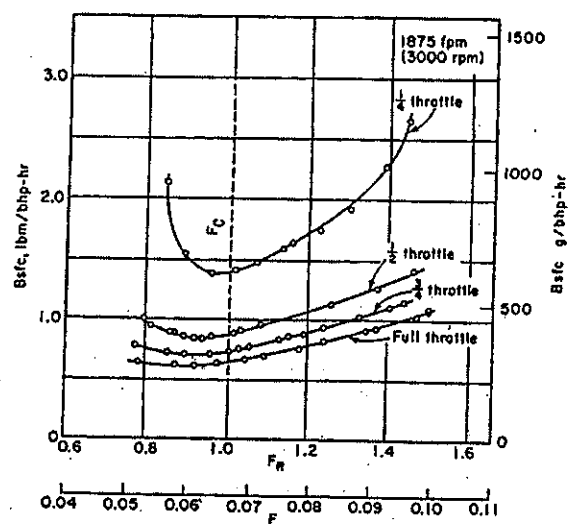
(ที่มา จากหนังสือ The internal combustion engine in theory and practice)

A/F ratio ที่เหมาะสมที่สุดในทางปฏิบัติ ในการหาอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศที่เหมาะสมที่สุดในเทอมของความดันยังผลเฉลี่ยเบรกและความเร็วยังผลเฉลี่ยเบรก (bmep) ได้

จากรูปที่ 2.25 และ รูปที่ 2.26 ใช้ดูในเทอมของค่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) และ ในรูป 2.27 จะกราฟในลักษณะที่คล้ายกับรูป 2.25 และ รูป 2.26 แต่เป็นที่ตำแหน่งความเร็วต่างกัน รูปที่ 2.27 แสดงลักษณะการเปิดวาล์วลิ้นผีเสื้อที่ทำให้เกิดการประหยัดที่สุด เครื่องยนต์ทำงาน ตลอดช่วงอัตราส่วนเชื้อเพลิงกับอากาศที่ความเร็วและภาระต่างกัน

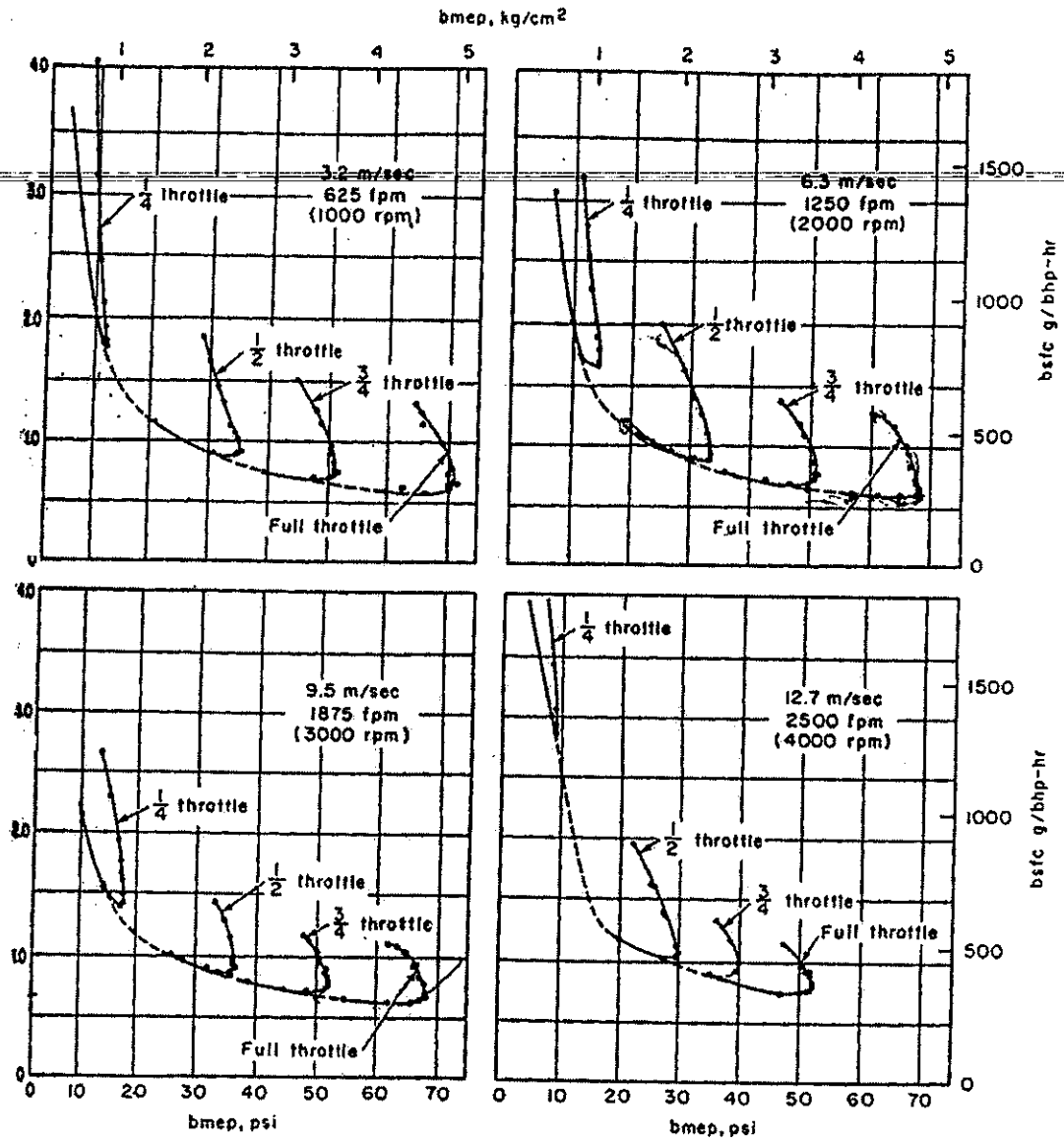


รูปที่ 2.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า bmeep และอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ (ที่มา จากหนังสือ The internal combustion engine in theory and practice)



รูปที่ 2.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า bsfc กับค่าอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ (ที่มา จากหนังสือ The internal combustion engine in theory and practice)

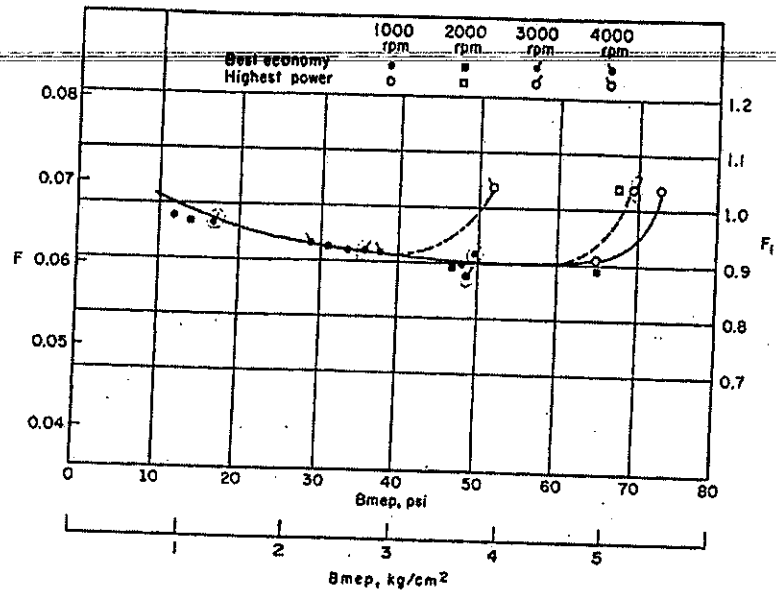




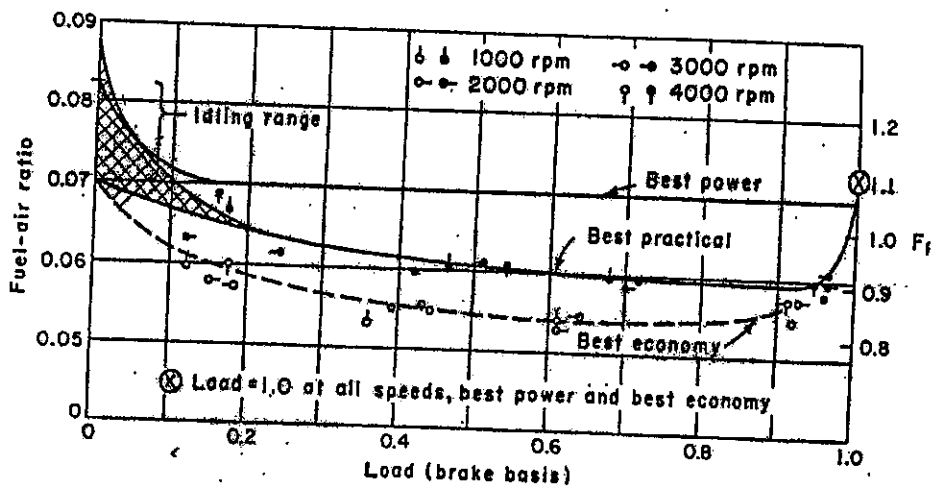
รูปที่ 2.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า bmeep กับ bsfc ที่ความเร็วรอบและค่า F/A ratio ต่างๆ (ที่มา จากหนังสือ The internal combustion engine in theory and practice)

อัตราส่วนเชื้อเพลิงกับอากาศกับภาวะ ภายใต้สภาวะเดินเบาของท่อร่วมไอดี ความดันจะต่ำกว่า 1 ความดันบรรยากาศและมักจะมีอากาศรั่วในระบบท่อไอดีผ่านวาล์วไอดี การเผาไหม้เชื้อเพลิงต่ออากาศอาจจะน้อยกว่าที่ออกจากคาร์บูเรเตอร์ การรั่วของอากาศจะขึ้นอยู่กับช่องว่าง

ระหว่างลิ้นวาล์วเช่นเดียวกับที่ร่วมความดัน    มาตราส่วนพื้นที่ของอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ  
จะแสดงดังรูป 2.28 และรูป 2.29



รูปที่ 2.33 แสดงค่าอัตราส่วนของเชื้อเพลิงกับอากาศที่ได้จากรูปที่ 2.27  
(ที่มา จากหนังสือ The internal combustion engine in theory and practice)



รูปที่ 2.34 แสดงความสัมพันธ์ของ fuel-air ratio กับภาระ  
(ที่มา จากหนังสือ The internal combustion engine in theory and practice)

อัตราส่วนของเชื้อเพลิงกับอากาศที่ทำให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด การทำงานที่ราบเรียบและเชื่อถือได้ รวมทั้งเป็นไปตามเกณฑ์ในการควบคุมมลพิษที่ระดับกำลังที่ต้องการนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วและภาระของเครื่องยนต์ โดยนิยามกำหนดสัดส่วนของเชื้อเพลิงและอากาศในรูปของอัตราส่วนสมมูลระหว่างเชื้อเพลิงต่ออากาศ ( $\phi$ ) สำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงซึ่งมีค่าอัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงพอดี ( $A/F$ ), เฉลี่ยเป็น 14.6 อัตราส่วนสมมูลก็จะเป็น

$$F = (F/A \text{ ratio}) : F_R = \phi \approx \frac{14.6}{A/F}$$

สารผสมที่ต้องการที่อัตราเร็วรอบหนึ่ง ๆ จะแตกต่างกันสำหรับการทำงานที่ภาระเต็มที (ลิ้นเร่งเปิดเต็มที่) และที่ภาระบางส่วน ที่ภาระเต็มทีจะต้องใช้อากาศที่นำเข้าไปให้หมดเพื่อให้ได้กำลังสูงสุดสำหรับปริมาตรกระจัดหนึ่ง ๆ ซึ่งต้องใช้สารผสมที่หนาเล็กน้อย แต่เมื่อภาระลดลงต่ำกว่าภาระเต็มที (กำลังที่ให้น้อยกว่ากำลังสูงสุด) จะต้องใช้เชื้อเพลิงที่ให้ผลสูงสุดนั้นคือการใช้สารผสมบาง ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเนื่องจากการขยายตัวเพิ่มขึ้นอันเป็นผลมาจากสมบัติทางอุณหพลวัตของแก๊สที่เผาไหม้แล้วลดต่ำลง และเมื่อภาระลดลงไปอีก สารผสมบางจะไม่สามารถรักษาให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างราบเรียบ ทั้งนี้เนื่องจากการเจือจางของสารผสมด้วยแก๊สที่ค้างอยู่ในกระบอกสูบจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นที่ภาระน้อย ๆ จนถึงไม่มีภาระหรือสภาวะเดินเบา สารผสมที่ต้องการจึงต้องเป็นสารผสมพอดีหรือสารผสมที่หนาเล็กน้อย

เครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟเผาไหม้ด้วยน้ำมันเบนซินที่ต้องการความราบเรียบของสารผสม การระเบิดอย่างรุนแรงและการแพร่ที่ดีที่ทุกสภาวะความเร็วและภาระต่าง ๆ แสดงแผนภาพอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศที่ประหยัดที่สุดในรูปที่ 2.29

เหตุผลที่ไม่เป็นไปตาม best-brake-economy

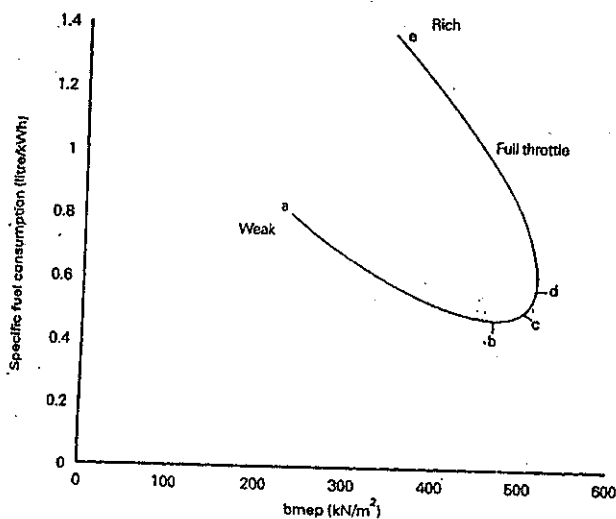
1. มาจากค่าความผิดพลาดคาร์บูเรเตอร์
2. มาจากการกระจายตัวแต่ละสูบที่ไม่สมบูรณ์
3. มาจากการลดการน็อก
4. มาจากการลดอุณหภูมิที่จุด hot spot เช่นที่วาล์วไอดี หัวเทียน หัวลูกสูบ

#### 2.6.1 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์เบนซิน

ในช่วงการเผาไหม้จะพบว่าเมื่อหัวเทียนให้ประกายไฟออกมาแล้วจะมีเวลาช่วงหนึ่งซึ่งพลังงานที่ปล่อยออกมาจากเปลวไฟที่กำลังขยายตัวขึ้นนั้นน้อยกว่าที่จะทำให้ความดันกระบอกสูบที่เพิ่ม

ขึ้นจากผลของการเผาไหม้ นั้นปรากฏอย่างชัดเจน แต่เมื่อเปลวไฟขยายตัวพอสมควรแล้วและแพร่กระจายไปในห้องเผาไหม้ ความดันในห้องเผาไหม้ก็จะเพิ่มสูงกว่ากรณีที่ไม่มีการจุดระเบิด การเผาไหม้จะต้องเกิดในช่วงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้กำลังหรือทอร์คสูงสุด แต่ถ้าการสิ้นสุดของกระบวนการเผาไหม้เน้นช้าออกไปโดยการจุดระเบิดล่าช้า ความดันกระบอกสูบสูงสุดจะเกิดช้าออกไปในจังหวะขยายตัวด้วย ดังนั้นจังหวะการจุดระเบิดที่เหมาะสมที่สุดก็คือจังหวะที่ให้ทอร์คเบรคสูงสุด ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่องานของจังหวะอัดที่เพิ่มขึ้นและงานของจังหวะขยายตัวที่ลดลงหักล้างกันพอดี จังหวะจุดระเบิดที่เกิดขึ้นเร็วหรือช้ากว่าจังหวะที่เหมาะสมนี้จะให้ทอร์คต่ำลง ซึ่งจังหวะการจุดระเบิดที่เหมาะสมที่สุดจะขึ้นอยู่กับอัตราการขยายตัวและการแพร่กระจายของเปลวไฟ ระยะเดินของเปลวไฟที่จะต้องผ่านไปในห้องเผาไหม้ และรายละเอียดของกระบวนการสิ้นสุดของเปลวไฟไปถึงห้องเผาไหม้ โดยปัจจัยเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับการออกแบบเครื่องยนต์ สภาพการทำงาน และสมบัติของสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศและแก๊สที่เผาไหม้แล้ว ผลที่ไม่ต้องการให้เกิดได้แก่ การชิงจุดระเบิด ความดันสูงขึ้น เกิดการเผาไหม้ช้าหรือเรียกการนี้้อก (knock)

โดยทั่วไปในการทดสอบค่า A/F ratio จะมีค่ามากกว่าในการวิ่งจริง ที่การเปิด throttle และความเร็วเดียวกัน ผลที่ได้จะมีลักษณะคล้ายกับ hook curve ดังแสดงในรูป 2.30 ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะกับค่า bmep



รูปที่ 2.35 แสดงแผนภาพ hook curve ของเครื่องยนต์เบนซิน

(ที่มา หนังสือ Engine Testing Theory and Practice)

จากรูปที่ 2.30 จุด a เป็นจุดที่สารผสมเชื้อเพลิงที่การทำงานของเครื่องยนต์ กำลังลดมากและการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะและประสิทธิภาพสูง จุด b คือคุณสมบัติที่ดีที่สุดของเครื่องยนต์ (ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุด) กำลังที่ได้จะอยู่ที่ประมาณ 95% ของกำลังสูงสุด จุด c คือจุดอัตราส่วนสมบูร์ณ จุด d ให้กำลังสูงสุดแต่การสิ้นเปลืองจำเพาะอยู่ที่ประมาณ 10% ของจุดที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด จุด e คือ mixture strength ขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน

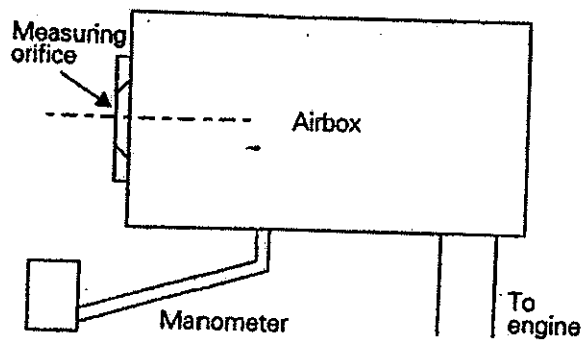
## 2.7 Air box

วิธีพื้นฐานของการวัดการสิ้นเปลืองอากาศวัดโดยอากาศที่ผ่านจากปากท่อ (orifice) ดังรูป 2.31 และการวัด pressure drop ผ่านปากท่อเป็นวิธีที่เหมาะสมกับค่า pressure drop ที่ไม่เกิน 125 มิลลิเมตรน้ำ (1200 ปาสคาล) ที่ความดันอากาศต่ำกว่านี้จะเป็น incompressible fluid

ความเร็ว  $U$  มาจากการขยายตัวอย่างอิสระภายใต้ผลของค่าความแตกต่างของความดัน

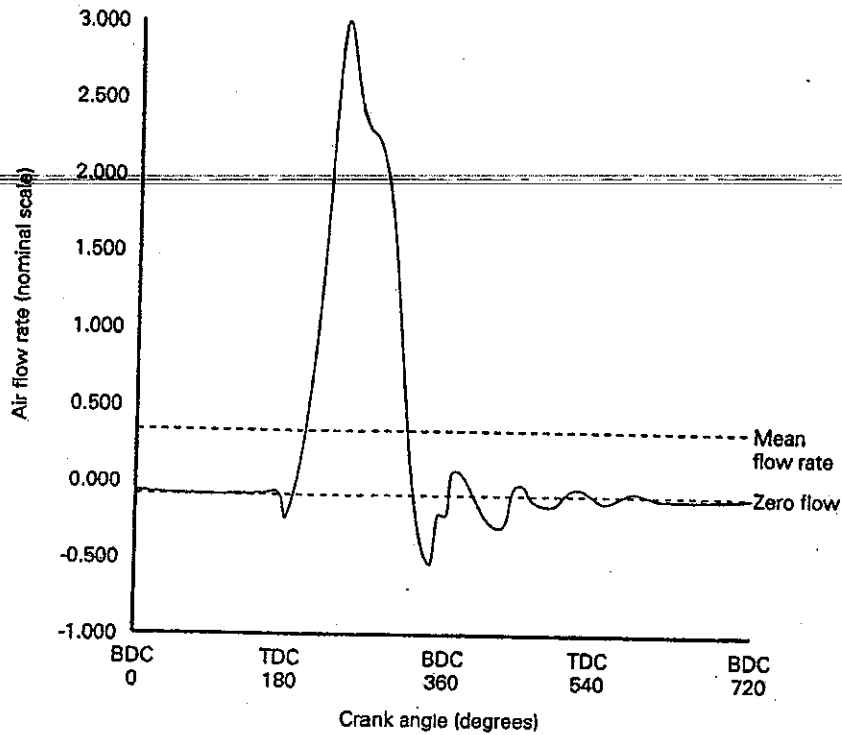
$\Delta p$

$$\frac{\rho U^2}{2} = \Delta p; U = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$



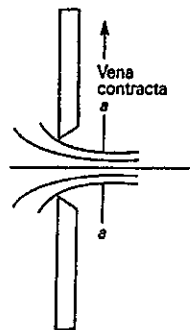
รูปที่ 2.36 แสดงส่วนประกอบของ air box  
(ที่มา หนังสือ Engine Testing Theory and Practice)

การไหลของอากาศที่วัดได้จาก sharp-edged orifice mounted ที่ด้านข้างของ air box ที่ทางเข้าเครื่องและปริมาตรที่เพียงพอไม่สามารถไหลเข้าในห้องเครื่อง ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องยนต์สูบเดียวแบบสี่จังหวะแสดงดังรูป 2.32 ในเครื่องเทอร์โบชาร์จที่ทางเข้าอากาศไหลโดยเปรียบเทียบแบบราบเรียบและ well-shaped nozzle ภายนอก air box จะให้ผลที่ต้องการ



รูปที่ 2.37 แสดงการไหลของอากาศ ในเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว สี่จังหวะ  
(ที่มา หนังสือ Engine Testing Theory and Practice)

การไหลของ sharp-edged orifice mounted รูป 2.33 แสดงอัตราการไหลผ่าน orifice หาได้จากอัตราส่วนของพื้นที่ระนาบ  $a$  และพื้นที่ของ orifice ค่าสำหรับการไหลแบบปั่นป่วนจะใช้  $C_d$  ที่มีค่าประมาณ 0.6



รูปที่ 2.38 แสดงการไหลผ่าน orifice  
(ที่มา หนังสือ Engine Testing Theory and Practice)

อัตราการไหลของอากาศที่ผ่าน sharp-edged orifice mounted ได้จากอัตราการไหล คูณ พื้นที่หน้าตัดของรู orifice

$$Q = C_d \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

$$\rho = \frac{p_a \times 10^5}{RT_a}$$

และสมมติให้  $\Delta p$  มีค่าเท่ากับ  $h$  mm  $H_2O$  จะเขียนได้เป็น

$$Q = C_d \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2 \times 9.81 h \times 287 T_a}{p_a \times 10^5}}$$

$$Q = 0.1864 C_d d^2 \sqrt{\frac{h T_a}{p_a}} \text{ m}^3/\text{s}$$

ใช้คำนวณหามวลอัตราการไหล

$$\dot{m} = \rho Q = \frac{p_a Q}{RT_a}$$

จากสมการข้างต้นจะได้

$$\dot{m} = C_d \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2 \times 9.81 h p_a \times 10^5}{287 T_a}}$$

จากสมการที่แสดงข้างต้นจะใช้สำหรับการหาค่าการวัดอากาศไหลโดย orifice , nozzle หรือ venturi

จากตารางอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างขนาด orifice กับอัตราความเร็วต้องไม่มากกว่า 2.5:1

การสิ้นเปลืองอากาศของเครื่องยนต์

การสิ้นเปลืองอากาศในเครื่องยนต์สามารถคำนวณได้จาก

$$V = \eta_v \frac{V_s n}{K 60} \text{ m}^3/\text{s}$$

$K = 1$  เมื่อเป็นเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

$K = 2$  เมื่อเป็นเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

$\eta_v$  คือขนาดของ orifice อัตราส่วนเชิงปริมาตรของอากาศที่พ่นต่อปริมาตรของกระบอกสูบ อาจจะประมาณให้มีค่าเท่ากับ 0.8 และจะมีค่าตั้งแต่ 2.5 ขึ้นไปสำหรับเครื่องยนต์ซูเปอร์ชาร์จ

ด้วยความเป็นที่จำเป็นต้องให้มีความแม่นยำของขนาดปริมาตรของ air box ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องยนต์และองค์ประกอบตัวอื่น ๆ ถ้าการไหลผ่านรู orifice เพียงพอและราบเรียบทำให้วิธีการวัดเชื่อถือได้ โดยทั่วไปเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ที่ความเร็วต่ำและจำนวนกระบอกสูบน้อยทำให้ต้องใช้ air box ขนาดใหญ่

ด้วยวิธีของ Kastner ได้มาจากความต้องการการขยายตัวต่ำสุดของ air box

$$V_d = \frac{417 \times 10^6 \times K^2 d^4}{N_c V_s n_{\min}^2}$$

ในการขยาย  $n_{\min}^2$  คือความเร็วต่ำสุดในการวัดที่ต้องการความแม่นยำ  
สิ่งที่เกี่ยวข้องกับไอดีเครื่องยนต์

สิ่งจำเป็นที่เกี่ยวข้องกับลักษณะระหว่าง air box และต้นแบบไอดีเครื่องยนต์สามารถแสดงลักษณะไอดีที่นำมาใช้ เพราะความดันสม่ำเสมอในไอดีมีผลกับกำลังในเครื่องยนต์ในพจน์ของประสิทธิภาพเชิงปริมาตรและการสูญเสียเนื่องจากปั๊ม

ความถี่ที่ท่อยาวแบบปิดปลายเดียวที่  $a/4l$  เมื่อ  $a$  คือความเร็วเสียงมีค่าประมาณ 330 m/s ที่ท่อไอดียาว 1 เมตรมีความถี่เท่ากับ 80 Hz มีลักษณะเช่นเดียวกับความถี่ที่วาล์วไอดีของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ 4 สูบ วิ่งที่ความเร็วรอบ 2400 rev/min เห็นได้ชัดเจนว่าประสิทธิภาพเครื่องยนต์มีผลต่อความเร็ว

## 2.8 ไดนาโมมิเตอร์

Eddy current dynamometers เป็นเครื่องมือที่ใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้าที่ทำให้เกิดทอร์คและกำลังเฟืองหมุนทำด้วย high-permeability กับเฟืองที่ทำจาก water-cooled มีสนามแม่เหล็กเกิดขนานกับแกนเพลลาของเครื่องจากคอยล์รูปวงแหวน 2 อันและมอเตอร์ที่หมุนจะช่วยเพิ่มการเปลี่ยนแปลงการกระจายของฟลักแม่เหล็กไฟฟ้าที่ loss plate

การหมุนของเครื่องเพิ่มขึ้นและการใช้กำลังจากการต้านทานไฟฟ้า พลังงานความร้อนได้จากรูปแบบน้ำหล่อเย็นที่แพร่ผ่านใน loss plates ในขณะที่ความเย็นบางส่วนได้จากการไหลของอากาศในแนวรัศมีในช่องว่างระหว่างเฟืองและแผ่นแม่เหล็ก

การควบคุมกำลังทำได้โดยปรับเครื่องจ่ายไฟไปสู่คอยล์รูปวงแหวนและเปลี่ยนภาระอย่างรวดเร็ว เครื่อง Eddy current เป็นระบบที่มีความซับซ้อน มีประสิทธิภาพในการควบคุมและมีความสามารถอย่างมากที่ทำให้เกิดเบรกทอร์คที่รอบต่ำ

แม้ว่าจะไม่มีการใช้อย่างกว้างขวางแต่ส่วนประกอบก็หาได้ง่าย