

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 ไบโอมีเทน

2.1.1 นิยาม

ไบโอมีเทน (Biomethane) คือก๊าซชีวภาพที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพโดยการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ความชื้น และก๊าซอื่นๆ ออกตามมาตรฐานเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนที่สูงขึ้น โดยบางครั้งอาจเรียกว่า ก๊าซธรรมชาติแบบทดแทนได้ (Renewable Natural Gas, RNG) และในกรณีที่มีการอัดลงถังเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยาน-ยนต์ นิยมเรียกว่า CBG (Compressed Biomethane Gas) ซึ่งเทียบเคียงได้กับ CNG (Compressed Natural Gas) หรือ NGV (Natural Gas for Vehicles) ซึ่งมาจากก๊าซธรรมชาติ

เป็นที่เข้าใจกันโดยทั่วไปว่า ไบโอมีเทน นั้นคือ ก๊าซชีวภาพที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพจนมีอัตราส่วนของก๊าซมีเทนในองค์ประกอบสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังพบว่าไม่มีการกำหนดมาตรฐานเฉพาะสำหรับการกำหนดคุณภาพของไบโอมีเทน แต่เมื่อคำนึงถึงลักษณะการใช้งานของไบโอมีเทนและคำนึงถึงองค์ประกอบของไบโอมีเทนซึ่งใกล้เคียงกับก๊าซธรรมชาติมาก ดังนั้น มาตรฐานของไบโอมีเทนในปัจจุบันจึงอ้างอิงมาตรฐานสากลของก๊าซธรรมชาติเป็นหลัก ได้แก่ The Society of Automotive Engineers J1616 (SAE J1616), California Air Resources Board (CARB), New Zealand Standard (NZS) และ California Public Utilities Commission (CPUC) แสดงดังตารางที่ 2.1

สำหรับในประเทศไทยไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานของไบโอมีเทนแต่หากจะมองจากวัตถุประสงค์การใช้งานซึ่งเน้นที่การใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในของยาน-ยนต์ จึงควรอ้างอิงมาตรฐานตามประกาศของกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ พ.ศ. 2552 ดังแสดงในตารางที่ 2.2 (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2555)

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานสากลของก๊าซธรรมชาติที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

ส่วนประกอบ	SAE J1616	CARB (1992)	NZS 5442 (1999)	CPUC Rule 30 (2002)	CARB ร่างใหม่
CH ₄	-	88% (อย่างน้อย)	-	-	-
C ₂ H ₆	-	6% (ไม่เกิน)	-	-	-
C ₃ +	-	3% (ไม่เกิน)	-	-	-
C ₄ +	-	-	-	-	5%
C ₆ +	-	0.2% (ไม่เกิน)	-	-	-
N ₂	-	-	-	-	-
CO ₂	3% (ไม่เกิน)	0.1% (ไม่เกิน)	-	3% (ไม่เกิน)	-
ก๊าซเฉื่อย (CO ₂ +N ₂ +O ₂)	-	1.5 – 4.5	-	4% (ไม่เกิน)	-
กำมะถัน	8 – 30 ppm	16 ppm (ไม่เกิน)	50 mg/m ³	0.75grain/100scf (ไม่เกิน)	1grain/100scf (ไม่เกิน)
เลขมีเทน	-	-	-	-	80 (ทั้งรัฐ) 73 (บางพื้นที่) (อย่างน้อย)
ค่าความร้อน	-	-	-	36.1 – 42.8 MJ/m ³ 970 – 1150 Btu/scf (ไม่เกิน)	-
ควาถ่วงจำเพาะ	-	-	0.8 (ไม่เกิน)	-	-
ดัชนีวอบบี (MJ/m ³)	48.5 – 52.9	-	48 – 52	±10%	กำหนดยังไม่ ประกาศ

หน่วยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์โดยโมล ยกเว้นแสดงเป็นอย่างอื่น

ที่มา: (ยศพงษ์, 2550)

ตารางที่ 2.2 ข้อกำหนดและวิธีการทดสอบตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ
1. จุดน้ำค้างที่ความดัน 20,000 kPa	ไม่สูงกว่า 9.2	ASTM 1142
2. จุดน้ำค้างไฮโดรคาร์บอน ที่ความดัน 4,500 kPa ซึ่งควมแน่นเป็นของเหลวไม่เกิน 1%	ไม่สูงกว่า 15.5	ASTM 1945 คำนวณ Equation of State และ GRI Method
3. ค่ามีเทน (MN Number)	ไม่ต่ำกว่า 65	
4. ไฮโดรเจน (ร้อยละโดยปริมาตร)	ไม่สูงกว่า 0.1	
5. คาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	ไม่สูงกว่า 18	
6. ออกซิเจน (ร้อยละโดยปริมาตร)	ไม่สูงกว่า 1.0	ASTM 3350
7. คัลอรีวอปปี (MJ/ m ³)	ไม่ต่ำกว่า 37 และไม่สูงกว่า 42	
8. ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (mg/m ³)	ไม่สูงกว่า 23	ASTM 5504
9. กำมะถัน (mg/m ³)	ไม่สูงกว่า 50	

ที่มา: (ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์, 2552)

2.1.2 ข้อดีของไบโอมีเทน

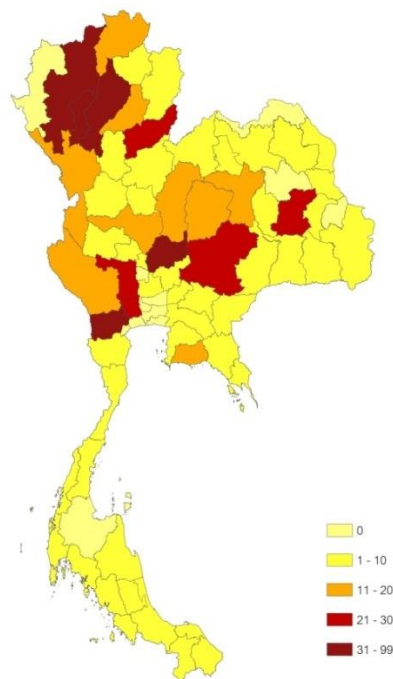
จุดเด่นของไบโอมีเทนมีหลายประการได้แก่

- 1) เป็นแหล่งพลังงานที่สร้างทดแทนขึ้นมาได้เสมอ (Renewable Energy) ซึ่งแตกต่างจากก๊าซธรรมชาติและน้ำมัน ซึ่งใช้แล้วหมดไป
- 2) เมื่อเผาไหม้แล้วปลดปล่อยมลพิษน้อย เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลและเบนซิน จากค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ (Emission Factors) ที่แสดงในตารางที่ 2.3
- 3) แหล่งผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอมีเทน มีจำนวนมากและกระจายอยู่ในภูมิภาคต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.1 ซึ่งทำให้ไม่ต้องมีการขนส่งก๊าซเป็นระยะทางไกลเหมือนในกรณีของก๊าซธรรมชาติ
- 4) กระบวนการผลิตไบโอมีเทน เป็นการแยกเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจก (Green House Gases) ที่สำคัญและส่งผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อนออกจากก๊าซชีวภาพ โดยจะได้ผลผลิตเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้มข้น ซึ่งง่ายต่อการจัดการต่อไป

ตารางที่ 2.3 ปัจจัยการปล่อยมลพิษของการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ในยานยนต์

พารามิเตอร์	ปัจจัยการปล่อย	เบนซิน	ดีเซล	CNG (CBG)
CO	g/km	10.9	0.662	6.54
NO _x	mg/km	559	507	504
SO ₂	mg/km	3.5	21.6	3.5
VOC	mg/km	662	166	146
TPM	mg/km	15.8	68.3	3.2
PM10	mg/km	15.5	68.2	3.1
PM2.5	mg/km	7.1	55.6	1.4

ที่มา: (Electrigaz Technologies, 2008)



รูปที่ 2.1 จำนวนแหล่งผลิตก๊าซชีวภาพที่กระจายในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย

ที่มา: (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552)

2.2 เครื่องยนต์สันดาปภายใน

2.2.1 หลักการเบื้องต้นของเครื่องยนต์สันดาปภายในและวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

เครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นเครื่องยนต์ที่มีลักษณะการทำงาน โดยใช้เชื้อเพลิงและออกซิเจนจากอากาศเกิดการเผาไหม้ หรือเรียกว่าการสันดาปภายในกระบอกสูบ ได้แก่ เครื่องยนต์ก๊าซโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซล สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนใช้ส่วนผสมน้ำมันกับอากาศผสมกันก่อนแล้วจึงจุดระเบิดด้วยประกายไฟจากหัวเทียน ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลต้องอัดอากาศให้ร้อนแล้วจึงฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปและเกิดการเผาไหม้ขึ้นในกระบอกสูบ (อุตสาหกรรม, 2539)

ศัพท์เทคนิคที่สำคัญสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่จำเป็นต้องรู้ดังนี้คือ

- ความโตกระบอกสูบ (Bore, d) คือ ความโตของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของกระบอกสูบ
- ระยะชัก (Stroke, L) คือระยะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น-ลงภายในกระบอกสูบ
- จุดสูงสุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ไปถึง (Top Dead Center, TDC) ในกรณีวางลูกสูบในแนวนอน จุดนี้ เรียกว่า (Inner Dead Center)
- จุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาต่ำสุด (Bottom Dead Center, BDC) ในกรณีวางลูกสูบในแนวนอน จุดนี้เรียกว่า (Inner Dead Center)
- ปริมาตรอากาศ (Air Volume, Va) คือ ปริมาตรอากาศทั้งหมดที่เครื่องยนต์ต้องการในแต่ละวัฏจักร
- ปริมาตรเชื้อเพลิง (Fuel Volume, Vf) ปริมาตรเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เครื่องยนต์ต้องการในแต่ละวัฏจักร
- ปริมาตรห้องเผาไหม้ (Clearance Volume, Vc) คือ ปริมาตรภายในกระบอกสูบในขณะที่ลูกสูบอยู่จุดสูงสุด
- ปริมาตรระยะชัก (Swept Volume หรือ Piston Displacement, Vd) คือ ปริมาตรที่อยู่ระหว่างจุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น-ลง หาได้จากสมการที่ 2.20

$$V_d = \frac{\pi d^2}{4} L \quad (2.20)$$

- ปริมาตรรวม (Total cylinder volume, V_t) หาได้จากสมการที่ 2.21

$$V_t = V_d + V_c \quad (2.21)$$

- อัตราส่วนกำลังอัด (Compression Ratio, ϵ) คือ อัตราส่วนของปริมาตรรวมต่อปริมาตรเมื่อลูกสูบอยู่ที่จุดสูงสุด หาได้จากสมการที่ 2.22

$$\epsilon = \frac{V_t}{V_c} = \frac{V_d + V_c}{V_c} = 1 + \frac{V_d}{V_c} \quad (2.22)$$

- อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง (Air-Fuel Ratio, AFR) คือ มวลของอากาศต่อมวลของเชื้อเพลิงที่เข้าทำปฏิกิริยากันแล้วเกิดการสันดาปอย่างสมบูรณ์ เราเรียกว่าส่วนผสมอากาศและเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (Stoichiometric Air-Fuel Ratio) และส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งเขียนได้ดังสมการที่ 2.23

$$AFR = \frac{V_a}{V_f} \quad (2.23)$$

- อัตราส่วนอากาศส่วนเกิน (Excess Air Ratio, λ) คือ อัตราส่วนระหว่าง AFR ที่ใช้จริงต่อ AFR ในทางทฤษฎี หาได้จากสมการที่ 2.24

$$\lambda = \frac{AFR_{act}}{AFR_{ideal}} \quad (2.24)$$

โดยที่ $\lambda = 1$ Stoichiometric Air/Fuel Ratio

$\lambda > 1$ Air Excess (Mixture Lean)

$\lambda < 1$ Air Shortage (Mixture Rich)

(MitZalff and Kalus von, 1988)

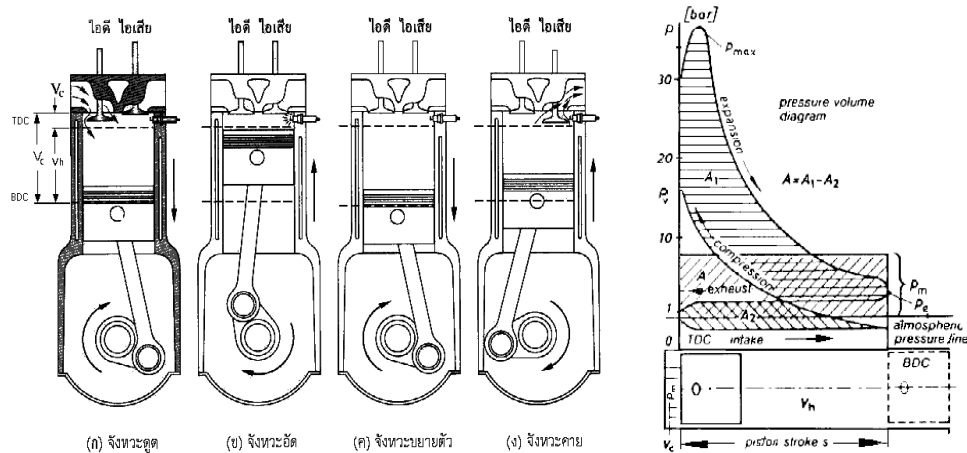
การทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบลูกสูบ มีวัฏจักรการทำงานแบบ 4 จังหวะ มีวัฏจักรการทำงานดังรูปที่ 2.2 โดยใช้จังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบ 4 จังหวะหรือ 2 รอบ การหมุนของเพลาคือเหวี่ยงเท่ากับ 1 วัฏจักร มีจังหวะการทำงานดังนี้

1. จังหวะดูด (Intake Stroke) หรือจังหวะที่ไอดีเข้า ลูกสูบเคลื่อนที่จาก TDC มายัง BDC เป็นจังหวะแรกของวัฏจักรการทำงาน ลิ้นไอดีเปิดลูกสูบดูดไอดีเข้าในกระบอกสูบ เพลาคือเหวี่ยงหมุนไปครึ่งรอบ

2. จังหวะอัด (Compression Stroke) ลูกสูบเคลื่อนที่จาก BDC มายัง TDC ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียปิดสนิททั้งคู่ ไอดีถูกอัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูง และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่จะถึง TDC จะจุดระเบิดในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจุดระเบิดด้วยประกายไฟ ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลฉีดน้ำมันเข้าไปในอากาศที่อัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูง

3. จังหวะกำลัง หรือจังหวะขยายตัว (Power หรือ Expansion Stroke) หลังจากการจุดระเบิดแล้วจะเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงกับอากาศ ก๊าซขยายตัวดันลูกสูบจาก TDC มายัง BDC เป็นจังหวะที่ได้รับพลังงานกล

4. จังหวะคาย (Exhaust Stroke) ในจังหวะนี้ลิ้นไอดีเปิด ลูกสูบเคลื่อนที่จาก BDC มายัง TDC เพื่อขับไอดีออกจากกระบอกสูบ เมื่อลูกสูบถึงตำแหน่ง TDC ก็จะเลื่อนลงเป็นการเริ่มจังหวะการทำงานใหม่อีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.2 แสดงวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน 4 จังหวะ

2.2.2 การทดสอบเครื่องยนต์จุดประกายไฟ

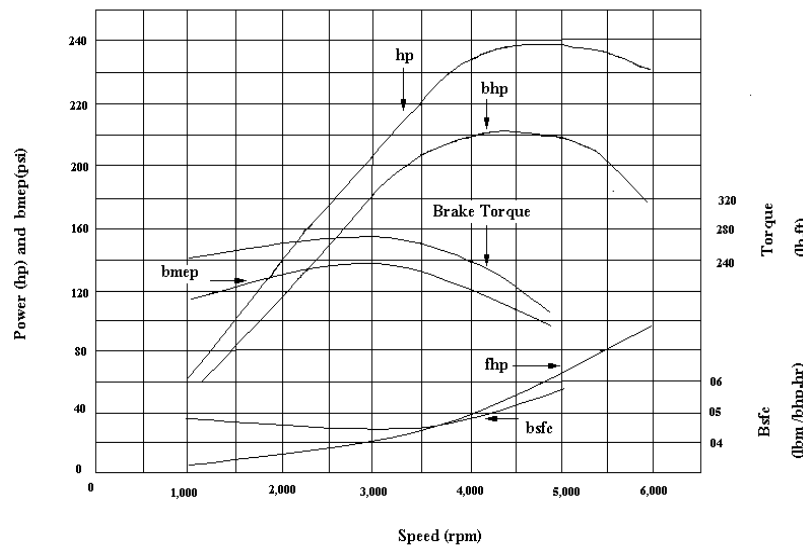
การทดสอบเครื่องยนต์แบ่งได้เป็น 2 อย่างคือ การทดสอบที่ความเร็วเปลี่ยนและการทดสอบที่ความเร็วคงที่ (หลาย, 2539) การทดสอบที่ความเร็วเปลี่ยนยังสามารถแบ่งออกได้อีก 2 อย่างได้แก่ การทดสอบที่ภาระงานเต็มที่ และที่ภาระงานบางส่วน การทดสอบที่ภาระงานเต็มที่ก็เพื่อทราบกำลังสูงสุด (Max Power) และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วนั้นๆ สำหรับการทดสอบเครื่องยนต์ที่ภาระงานบางส่วน ก็เพื่อทราบการเปลี่ยนแปลงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ การทดสอบที่ความเร็วคงที่ส่วนใหญ่ก็เพื่อพิจารณาความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ

1. การทดสอบที่ความเร็วเปลี่ยน

เพื่อให้ได้กำลังสูงสุดในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ลิ้นเร่งจะต้องเปิดเต็มที่ และเครื่องยนต์จะต้องให้เดินอยู่ได้ด้วยความเร็วต่ำสุด (โดยการปรับเบรกหรือภาระงาน) ประกายไฟที่จุดระเบิด จะต้องปรับให้ดีที่สุด เพื่อให้ได้กำลังของเครื่องยนต์สูงที่สุดที่ความเร็วนั้น (ถ้ามีที่ปรับด้วยมือ) ก่อนวัดจะต้องให้เครื่องยนต์เดินไปพักหนึ่ง เพื่อให้มีนํ้าระบายความร้อนนํ้ามันเครื่อง และ

ส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์อยู่ในสภาพพร้อมที่จะทำงาน การทดสอบเริ่มด้วยเฝ้าดูการกินน้ำมันของเครื่องยนต์จนกระทั่งน้ำมันหมดครั้งหนึ่ง ซึ่งในช่วงเวลานี้ได้จดบันทึกความเร็วรอบเครื่องยนต์ (เข็มอาจจะแกว่งใช้ความเร็วเฉลี่ย) ภาระงาน อุณหภูมิเชื้อเพลิง และรายการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ และข้อมูลที่จำเป็นจะต้องใช้ในการทดลองนี้ ผลที่ได้จากการทดสอบที่ความเร็วเปลี่ยนดังแสดงในรูปที่ 2.3

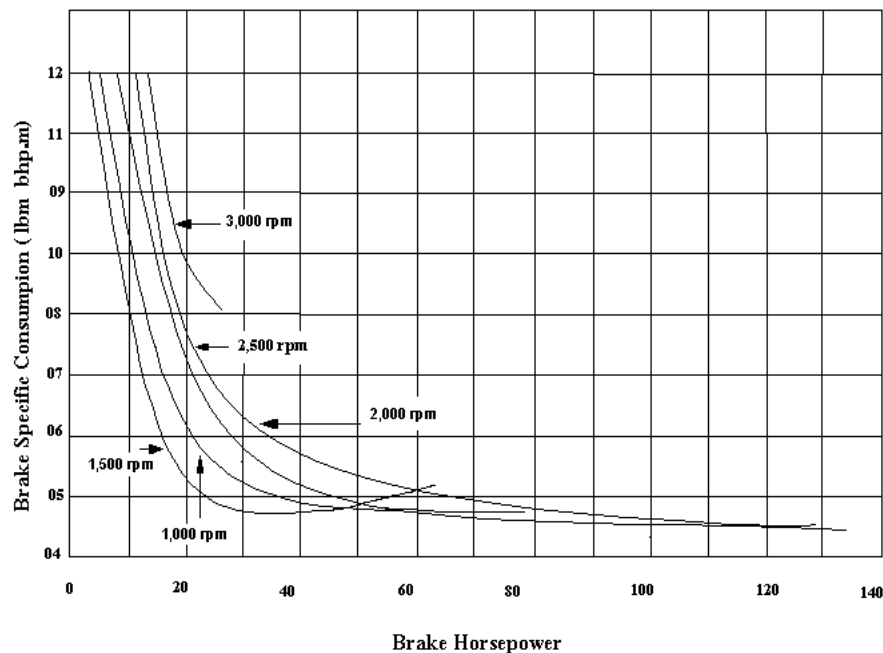
เมื่อการทดสอบครั้งหนึ่งเสร็จแล้ว ปรับเบรกหรือภาระงานไปที่ความเร็วอื่น แล้วให้ปรับประกายไฟเพื่อให้ได้แรงบิดสูงสุดด้วย (เว้นเสียแต่จะมีเครื่องปรับอัตโนมัติ) เมื่ออุณหภูมิคงที่แล้วก็ให้จดยรายการต่างๆ เช่นเดียวกับครั้งแรก



รูปที่ 2.3 การทดสอบเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยหัวเทียนที่ความเร็วเปลี่ยน เมื่อลิ้นเร่งเปิดเต็ม

2. การทดสอบที่ความเร็วคงที่

การทดสอบที่ความเร็วคงที่ คือ การเดินเครื่องที่เปลี่ยนตำแหน่งของลิ้นเร่งตั้งแต่ไม่มีภาระงาน จนกระทั่งมีภาระงานเต็มที่ตามช่วงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้กราฟโค้งสวยงาม เริ่มตั้งแต่ไม่มีภาระงานเลย เปิดลิ้นเร่งไปตำแหน่งหนึ่ง เพื่อให้ได้ความเร็วหนึ่งที่ต้องการแล้ว จนบันทึกรายการต่างๆ เมื่อจบการทดสอบครั้งแรกแล้ว การทดลองครั้งที่สองให้ใส่ภาระงานกับเครื่องยนต์และลิ้นเร่งเปิดกว้างขึ้นอีก เพื่อให้ความเร็วคงที่เช่นเดิม จากนั้นจดบันทึกรายการต่างๆ ครั้งสุดท้ายลิ้นเร่งจะเปิดกว้างกว่าเท่าขึ้น ไปอีก เพื่อรักษาความเร็วให้คงเดิมไว้ ผลที่ได้จากการทดสอบที่ความเร็วคงที่ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การทดสอบเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยหัวเทียนที่ความเร็วคงที่ และสิ้นเปลืองที่ตำแหน่งต่างๆ

2.2.3 ชนิดของเครื่องวัดกำลังม้าเบรก (Break Horse-Power Measurement)

กำลังม้าเบรกวัดได้ที่เพลาออกของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นกำลังที่เหลือจากความเสียดต่างๆ แล้วเครื่องมือวัดกำลังม้าเบรกเรียกว่า ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) โดยแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ แอ็บซอร์พชันไดนาโมมิเตอร์ (Absorption Dynamometer) และทรานสมิชันไดนาโมมิเตอร์ (Transmission Dynamometer) (หลาบ, 2539)

1. แอ็บซอร์พชันไดนาโมมิเตอร์ (Absorption Dynamometer) ไดนาโมมิเตอร์ชนิดนี้จะเก็บหรือดูดกำลังจากเครื่องยนต์ แล้วถ่ายออกในรูปของความเสียด ซึ่งมีความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้อง ไดนาโมมิเตอร์ชนิดนี้จะประกอบด้วยตัวที่อยู่กับที่ ตัวที่เคลื่อนที่หรือหมุน และตัวที่เชื่อมโยงหรือตัวต่อระหว่างตัวที่อยู่กับตัวเคลื่อนที่ ตัวที่หมุนจะต้องต่อมาจากเพลาออกของเครื่องยนต์ เช่น ล้อใบพัด หรือมัดข้าวต้ม (ทางไฟฟ้า) เป็นต้น ตัวที่อยู่กับที่ ได้แก่ โครงของไดนาโมมิเตอร์ ตัวต่ออาจจะเป็นผ้าเบรก เชือกเบรก ของเหลว หรือเส้นแรงแม่เหล็กก็ได้

ตัวต่อจะทำหน้าที่ชะลอความเร็วของตัวหมุน ถ้าตัวต่อมีความหนืด หรือออกแรงจับตัวหมุนมาก ความเร็วรอบของตัวหมุนจะลดลง ตัวอยู่กับที่ต่อนั่งบนเบร้งหรือบนคีมมัด ซึ่งมีความเสียดน้อยที่สุด เพื่อให้มีการเคลื่อนที่ได้คล่อง แอ็บซอร์พชันไดนาโมมิเตอร์มีหลายชนิดดังนี้

ก. โพรนิ์เบรก (Prony Brake) เป็นเครื่องมือสำหรับหาแรงม้าที่ง่ายที่สุด ตามเส้นรอบวงของล้อต้นกำลัง หรือล้อหมุนจะมีผ้าเบรกหรือไม้คดไว้เพื่อจับล้อต้นกำลัง แรงขับนี้ปรับได้ โดยใช้สกรู หรือกลไกอื่น

ข. เชือกเบรก (Rope Brake) มีลักษณะเช่นเดียวกับ โพรนิเบรก เชือกเบรกเป็นเครื่องมือหาแรงม้าแบบง่ายที่สุด ใช้เส้นเชือกพันล้อยึดกับกำลังอาจจะพันหลายรอบเพื่อให้เกิดความฝืดมากก็ได้ ปลายเชือกข้างหนึ่งผูกติดกับตุ้มน้ำหนัก อีกปลายหนึ่งติดกับสปริง (ตาชั่ง) ถ้าต้องการให้มีความฝืดมากก็ให้เพิ่มน้ำหนัก การหาค่ากำลังม้าด้วยวิธีนี้มักได้ค่าที่ไม่ถูกต้องนัก เพราะมีความร้อนที่ออกมาเนื่องจากความฝืดระหว่างเชือกกับล้อ ทำให้ประสิทธิภาพแห่งความฝืดของเชือกเปลี่ยนไป

ค. ไดนาโมมิเตอร์ของเหลว (Hydraulic Dynamometer) ไดนาโมมิเตอร์ชนิดนี้ใช้ของเหลวมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบใช้ความหนืดของของเหลวและแบบใช้การกวน แบบแรกใช้ความหนืดของของเหลวเป็นตัวหน่วงตัวเคลื่อนที่ ส่วนแบบหลังใช้แรงเหวี่ยงของของเหลวจากตัวหมุนสอดเข้าไปในช่อง หรือใบพัดของตัวอยู่กับที่

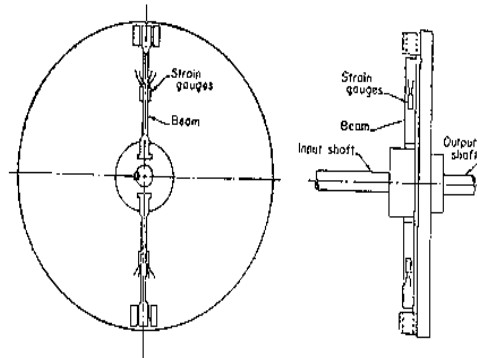
ง. ไดนาโมมิเตอร์ชนิดพัดลม (Fan Dynamometer) ไดนาโมมิเตอร์ชนิดพัดลมเป็นไดนาโมมิเตอร์แบบหยาบๆ ใช้ในการวัดได้นานๆ เช่น ในการเดินเครื่องให้เข้าที่ (Running-In) การเปลี่ยนภาระงานทำได้โดยเปลี่ยนขนาดรัศมี หรือมุมของใบพัด ซึ่งทำได้ยาก และต้องหยุดเครื่องขจัดเสียก่อนจึงจะทำได้ ข้อเสียอีกประการหนึ่งคือ ความหนาแน่นของอากาศถ้าเปลี่ยนไปจะทำให้ค่าที่อ่านได้ผิดไปด้วย

จ. เอ็ดดี้เคอร์เรนท์ไดนาโมมิเตอร์ (Eddy Current Dynamometer) เอ็ดดี้เคอร์เรนท์ไดนาโมมิเตอร์ เป็นไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้า ประกอบด้วยตัวหมุนซึ่งมีขดลวดไฟฟ้าพันอยู่รอบๆ ขดลวดนี้หมุนตัดเส้นแรงแม่เหล็กที่ออกมาจากตัวอยู่กับที่ ความเข้มข้นของสนามแม่เหล็กควบคุมโดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด ไดนาโมมิเตอร์ชนิดนี้มีความร้อนสูง จึงจำเป็นต้องมีการระบายความร้อน การวัดทำได้เช่นเดียวกับไดนาโมมิเตอร์ชนิดอื่น ข้อดีของไดนาโมมิเตอร์ชนิดนี้คือ รูปร่างกระทัดรัด และควบคุมภาระงานง่าย

ช. DC ไดนาโมมิเตอร์ (Direct Current Dynamometer) การเพิ่มภาระงานให้กับเครื่องยนต์ อาจทำได้โดยให้เครื่องยนต์จุดเชนเนอร์และควบคุมกำลังผลิตของเชนเนอร์ เช่น หลอดไฟ หรือขดลวดความต้านทานทางไฟฟ้า การวัดแรงบิดหรือกำลังที่ถูกใช้ ทำได้เช่นเดียวกับไดนาโมมิเตอร์แบบต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว ข้อดีสำหรับไดนาโมมิเตอร์ชนิดนี้คือ สามารถเปลี่ยนเป็นมอเตอร์สำหรับขับเครื่องยนต์ ซึ่งมีประโยชน์สำหรับหาแรงม้าความฝืด

2. ทรานสมิสชันไดนาโมมิเตอร์ (Transmission Dynamometer)

ทรานสมิสชันไดนาโมมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดแรงบิดโดยใช้สเตรนเกจวัดการบิดของเพลลา ที่มุมบิดของเพลลาออกเปลี่ยนไป มักใช้สเตรนเกจ 2-4 ชุด เพื่อแก้ผลกระทบทางอุณหภูมิและแรงกระทำตามแกนสเตรนเกจ ดังรูปที่ 2.5 ทรานสมิสชันไดนาโมมิเตอร์แบบนี้วัดได้ผลแน่นอนมาก ใช้กับงานที่มีภาระงานติดต่อกันตลอดไป ส่วนมากมักใช้กับงานอัดโนมิตี



รูปที่ 2.5 ทรานสมิชั่นไดนาโมมิเตอร์

2.2.4 การวัดกำลังม้าเบรกเครื่องยนต์และประสิทธิภาพทางความร้อน

การวัดกำลังม้าเบรกของเครื่องยนต์ และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ต้องมีการวัดหาข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณซึ่งมีดังนี้

1. กำลังเบรก (Brake Power, P_b) เป็นกำลังที่วัดได้ที่เพลาข้อเหวี่ยง หรือล้อช่วยแรงของเครื่องยนต์ โดยวัดออกมาในรูปของแรงบิดและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ซึ่งแรงบิด (Torque : T) คือ พลังงานในการหมุนของเพลา หาได้จากสมการ

$$T = F \times R \quad (2.25)$$

โดยที่ T คือ แรงบิดของเครื่องยนต์, Nm

F คือ แรงที่กระทำบนแขนเครื่องทดสอบ, N

R คือ ความยาวของแขนเครื่องทดสอบ, m

$$P_b = 2\pi TN / (1000 \times 60) \quad (2.26)$$

โดยที่ P_b คือ กำลังเบรกของเครื่องยนต์, kW

N คือ ความเร็วรอบเครื่องยนต์, rpm

2. การวัดปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้

การวัดปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะอาศัยชุดอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 โดยอาศัยการดึงอากาศเข้าถังขนาดใหญ่ ผ่านอริฟิซ และวัดความดันแตกต่างด้วยมานอมิเตอร์ ซึ่งบรรจุของเหลวชนิดพิเศษที่มีความไวสูง จากนั้นนำความดันแตกต่างที่วัดไปคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านคาร์บูเรเตอร์ตามสมการที่ 2.27

$$\dot{m}_a = \rho_a C_d A_d \sqrt{2gh\rho/\rho_a} \quad (2.27)$$

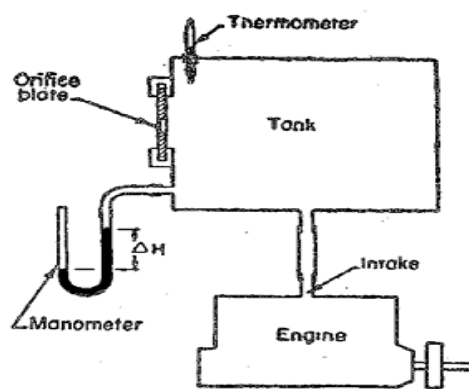
โดยที่ $\dot{m}_a$ คือ อัตราการไหลของอากาศ, kg/s

ρ_a, ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศและของเหลว, kg/m³

C_d คือ สัมประสิทธิ์การไหลผ่านออริฟิซ โดยทั่วไปเท่ากับ 0.6

A_d คือ พื้นที่หน้าตัดของออริฟิซ, m²

h คือ ความสูงแตกต่างของเหลวที่มานอมิเตอร์, m



รูปที่ 2.6 ชุดอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ

โดยความหนาแน่นของอากาศหาได้จากสมการที่ 2.28

$$\rho_a [\text{kg/m}^3] = \frac{3.483 \times 10^{-3} P [\text{Pa}]}{T [\text{K}]} \quad (2.28)$$

โดยที่ P คือ ความดันบรรยากาศ, Pa

T คือ อุณหภูมิของอากาศ, K

3. การวัดปริมาณสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้

การวัดปริมาณสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สามารถหาได้จากปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในหน่วยปริมาตรหรือหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา หรือสามารถหาได้จากความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake Specific Fuel Consumption : bsfc) ซึ่งหมายถึงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังที่ออก เป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ หาได้จากสมการที่ 2.29

$$\text{bsfc} = \frac{\dot{m}_f}{P_b} \quad (2.29)$$

โดยที่ $bsfc$ คือ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก, g/kWhr, lite/kWhr

$\dot{m}_f$ คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, g/hr, lite/hr

P_b คือ กำลังเบรกของเครื่องยนต์, kW

4. ประสิทธิภาพทางความร้อน (Thermal Efficiency, η_{bt})

ประสิทธิภาพทางความร้อน คือ พลังงานที่ให้กับเครื่องยนต์เป็นพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิง พลังงานที่ได้จากเครื่องยนต์อยู่ในรูปของพลังงานกล ประสิทธิภาพทางความร้อนจะเป็นอัตราส่วนงานกลที่ได้ออกมากับพลังงานความร้อนที่ให้เข้าไป (มนตรี, 2544)

5. ประสิทธิภาพทางความร้อนเบรก (Brake Thermal Efficiency, η_{bt})

$$\eta_{bt} = \frac{P_b \times 3,600}{\dot{m}_f \times H_u} \quad (2.30)$$

โดยที่ P_b คือ กำลังเบรกของเครื่องยนต์, kW

$\dot{m}_f$ คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, g/hr, liter/hr

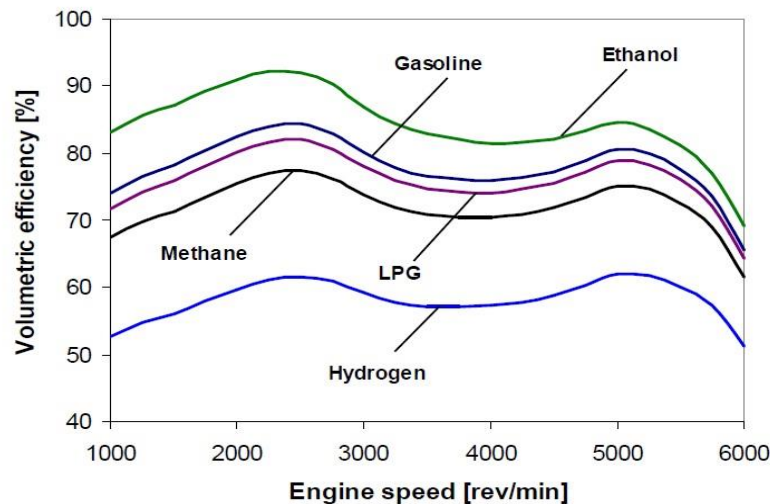
H_u คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง, kJ/kg, kJ/liter

6. ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency, η_v)

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร คือ ความสามารถประจุไอดีเข้าไปสู่กระบอกสูบในจังหวะดูด ซึ่งความสามารถประจุไอดีที่สูงจะเกิดขึ้นในลักษณะที่กระบวนการผ่านไอดีอย่างช้าๆ แต่โดยความเป็นจริงแล้วกระบวนการประจุไอดีจะเป็นไปอย่างรวดเร็วมากรวมทั้งอากาศต้องผ่านอุปกรณ์ของเครื่องยนต์ เช่น หม้อกรองอากาศ ท่อทางเดินอากาศ ท่อไอดี และ พอร์ทไอดี เป็นต้น ซึ่งโดยปกติแล้วอากาศที่เดินทางผ่านอุปกรณ์เหล่านี้จะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น จึงทำให้ไอดีที่ถูกบรรจุเข้าภายในกระบอกสูบลดลง และยังมีองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพเชิงปริมาตร ซึ่งได้แก่ ความดันบรรยากาศ ขนาดของลิ้นไอดี ตำแหน่งของลิ้นเร่ง รอบการทำงานของเครื่องยนต์ การออกแบบเพลาราวลิ้น เป็นต้น

โดยการพิจารณาการใช้เชื้อเพลิงกับประสิทธิภาพเชิงปริมาตร จะสามารถกล่าวได้ว่า การใช้เชื้อเพลิงประเภทแก๊สจะทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรลดลงเนื่องจากเชื้อเพลิงแก๊สจะทำให้ปริมาณอากาศที่บรรจุเข้าภายในกระบอกสูบลดลงซึ่งเป็นผลจากเชื้อเพลิงประเภทแก๊สซึ่งพื้นที่การประจุอากาศและถูกทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มอุณหภูมิผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่าหม้อดัม โดยเป็นลักษณะตรงข้ามกับเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวที่ซึ่งพื้นที่การประจุอากาศที่น้อยกว่าและไม่มีความ

จำเป็นต้องผ่านการเพิ่มอุณหภูมิก่อนการใช้งาน ซึ่งสามารถแสดงประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสัมพันธ์กับเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ได้ดังรูปที่ 2.7



ที่มา : (Adrian Irimescu, 2010)

รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงปริมาตรกับเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ

2.2.5 การปล่อยมลพิษจากเครื่องยนต์

ยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ หรือรถยนต์เป็นแหล่งก่อปัญหาอากาศเสียมากที่สุด สารที่ออกจาก รถยนต์ที่สำคัญได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน และของกำมะถัน สารพวกไฮโดรคาร์บอนนั้น ประมาณ 55 % ออกมาจากท่อไอเสีย 25 % ออกมาจากห้องเพลลา ข้อเหวี่ยง และอีก 20 % เกิดจากการระเหยในคาร์บูเรเตอร์ และถังเชื้อเพลิง ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน คือ ก๊าซไนตริกออกไซด์ (NO) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) เกือบทั้งหมดออกมาจากท่อไอเสีย เป็นพิษต่อมนุษย์โดยตรง นอกจากนี้สารตะกั่วในน้ำมันเบนซินชนิดซูปเปอร์ยังเพิ่มปริมาณตะกั่วในอากาศอีกด้วย

1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

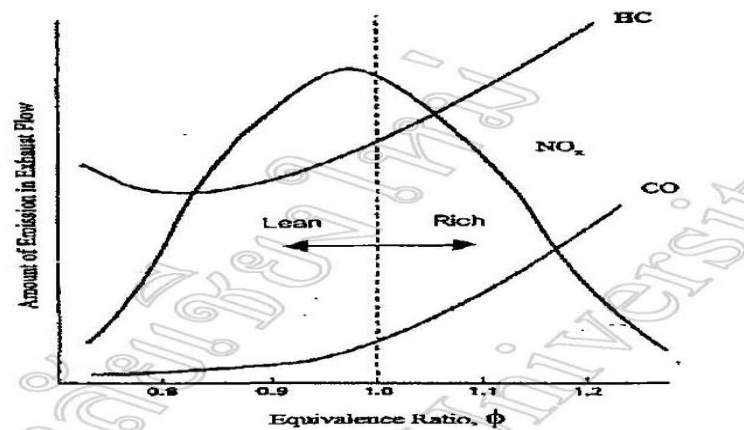
CO จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิง โดยถ้ามีอัตราส่วนที่บาง (Lean) ปริมาณ CO จะลดลงเนื่องจากมีปริมาณ O₂ ที่ใช้ในการสันดาปเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงน้อยกว่า 16 ปริมาณ CO จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Heywood, 1988)

2. ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

NO_x ในเครื่องยนต์เบนซินส่วนมากจะเป็นสารประกอบของ NO และ NO_x เล็กน้อย โดยจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงเนื่องจากอากาศที่ใช้ในการสันดาปมี N_2 เป็นองค์ประกอบอยู่ถึง 78 % ซึ่งความเข้มข้นของ NO ที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสูงสุดของการสันดาปและอัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง โดยปริมาณ NO สูงสุดที่สภาวะสมดุลในการเผาไหม้แบบปริมาตรคงที่นั้นจะอยู่ที่อัตราส่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเท่ากับ 18 (Heywood, 1988)

3. ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC)

โดยทั่วไป HC ที่เกิดขึ้นในไอเสียเนื่องมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์โดยเฉพาะเมื่อส่วนผสมหนา (Rich) เมื่อพิจารณาถึงขบวนการเผาไหม้ในห้องสันดาปเราจะพบว่า ผงังห้องเผาไหม้ส่วนที่มีอุณหภูมิต่ำและเปลวไฟไม่สามารถลุกลามไปถึงได้ ทำให้เชื้อเพลิงบริเวณนั้นไม่เกิดการเผาไหม้โดยยังคงเป็น HC อยู่และจะถูกปล่อยออกมาจากกระบอกสูบในจังหวะคายผสมกับก๊าซที่เผาไหม้แล้วซึ่งมีอุณหภูมิสูง ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของมลพิษเทียบกับอัตราส่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงแสดงไว้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 มลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์

ที่มา : (Pulkrabek, 1997)

2.2.6 การทดสอบ Dynamometer Test

Dynamometer Test คือ การวัดกำลังของเครื่องยนต์ โดยรายงานผลออกมาเป็น Horse Power และ Torque ณ ตำแหน่งรอบเครื่องยนต์ต่างๆ

การตรวจวัด Dynamometer Test มีอยู่ 3 ลักษณะ คือ

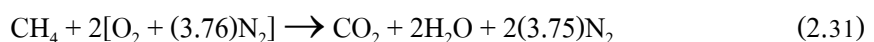
1. วัดกำลังที่เครื่องยนต์โดยตรง หรือ Engine Dynamometer Test ซึ่งใช้ตามโรงงานรถยนต์เพื่อสร้างและทดสอบเครื่องยนต์ โดยการทดสอบจะวัดผ่าน Flywheel โดยตรง ซึ่งจะไม่ได้รวมการสูญเสียจากอุปกรณ์ต่างๆ เช่น การสูญเสียจากระบบการส่งกำลัง เป็นต้น
2. วัดกำลังผ่านล้อ หรือ Chassis Dynamometer Test เป็นการวัดกำลังผ่านการหมุนของลูกกลิ้งที่ถูกหมุนจากล้อรถ โดยจะทำการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วเพื่อใช้ในการหาค่าแรงม้าและแรงบิด ซึ่งเป็นวิธีที่มีลักษณะที่รวมการสูญเสียจากระบบทั้งหมด
3. เป็นเครื่องวัดที่วัดแรงจากที่ล้อคล้ายกับแบบที่ 2 แต่ลักษณะนี้จะต้องถอดล้อออกก่อนแล้วใส่อุปกรณ์ Adapter เพื่อยึดกับคัมล้อโดยตรงแล้ววัด ลักษณะการวัดแบบนี้จะทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องของการสิ้นเปลืองของยางกับลูกกลิ้ง

การอ่านการแสดงผล จึงจำเป็นต้องทราบหน่วย ดังนี้

1. SAE Horsepower เป็นหน่วยของการวัดค่าแรงม้าที่ได้ออกมาตามการใช้งานจริง เป็นค่าแรงม้าที่ผ่านการวัดจากการหมุนของล้อรถโดยตรง
2. BHP จะเป็นหน่วยของการวัดค่าจาก Flywheel ไม่ผ่านชุดขับเคลื่อน ดังนั้นค่าที่วัดได้จะได้มากกว่าประมาณ 10%-15% เมื่อเทียบกับ SAE

2.2.7 หลักการปรับแต่งการจ่ายเชื้อเพลิง

พื้นฐานของเครื่องยนต์ที่นำมาดัดแปลงให้สามารถใช้เชื้อเพลิงแบบทวินีคือเครื่องยนต์สันดาปภายในชนิดจุดระเบิดด้วยประกายไฟ ในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพเครื่องยนต์ชนิดนี้ต้องการการควบคุมอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงให้ใกล้เคียงกับค่าอัตราส่วนในทางทฤษฎีมากที่สุดโดยสามารถประเมินได้จากสมการที่ 2.31



ซึ่งเป็นการเผาไหม้ระหว่างก๊าซมีเทน (CH_4) และอากาศ (อากาศประกอบด้วยก๊าซออกซิเจน, O_2 ร้อยละ 21 และก๊าซไนโตรเจน, N_2 ร้อยละ 78 ในหน่วยของโมล) เพื่อให้สามารถประเมินได้ง่ายขึ้น อากาศสามารถแทนด้วยส่วนประกอบของก๊าซออกซิเจน 1 ส่วน และ 3.76 ส่วน

ของก๊าซไนโตรเจน ในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์นั้นผลลัพธ์ที่ได้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และน้ำ (H₂O) เพื่อให้ได้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์สมดุลสมการเคมีข้างต้นที่เผาแก๊สมีเทน 1 โมล จำเป็นต้องใช้อากาศจำนวน 2 โมล (ใน 1 โมลมีเทนหนัก 16 kg, ออกซิเจนหนัก 32 kg และ ไนโตรเจนหนัก 28 kg) เมื่อแปลงอัตราส่วนเป็นหน่วยของน้ำหนักแล้วจะได้ส่วนผสมระหว่าง มีเทน 1 kg. จะต้องใช้อากาศจำนวน 17.2 kg นี้คืออัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศ (A/F, Air to Fuel Ratio) ในทางทฤษฎี (Stoichiometric Ratio) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีของ เชื้อเพลิงนั้นๆ ตามที่แสดงให้เห็นในตารางที่ 2.4 อนึ่งโดยทั่วไปแล้วการวัดอัตราการเผาไหม้จะใช้ วิธีการเปรียบเทียบซึ่งจะได้ค่าเชิงสัมพันธ์ในเชื้อเพลิงแต่ละชนิดตามสมการที่ 2.32 ซึ่งค่าที่ได้ สามารถประเมินได้โดยง่ายคือ ส่วนผสมทางทฤษฎี ($\lambda=1$), กรณีที่เชื้อเพลิงมากเกินไป ($\lambda<1$) และ กรณีที่เชื้อเพลิงน้อยเกินไป ($\lambda>1$)

$$\lambda = [A/F]_{\text{act}} / [A/F]_{\text{stoi}} \quad (2.32)$$

โดย $[A/F]_{\text{act}}$ คือ อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงและอากาศจริง

$[A/F]_{\text{stoi}}$ คือ อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงและอากาศทฤษฎี

ตารางที่ 2.4 อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงต่ออากาศที่เหมาะสม

เชื้อเพลิง	สูตรเคมี	อัตราส่วนผสมทาง ทฤษฎี	ออกเทน (RON)
น้ำมันแก๊สโซลีน	C ₈ H ₁₅	14.6	92-98
เอทานอล	C ₂ H ₅ OH	9.0	107
มีเทน	CH ₄	17.2	120
โพรเพน	C ₃ H ₈	15.7	105
แก๊สธรรมชาติอัด (ปดท.)	CH ₄ (ร้อยละ 82)	12.0	-
CBG 83 % methane by vol.	CH ₄ (ร้อยละ 83)	11.0	-
CBG 85 % methane by vol.	CH ₄ (ร้อยละ 85)	11.4	-
CBG 90 % methane by vol.	CH ₄ (ร้อยละ 90)	13.1	-

2.2.8 หลักการปรับแต่งองศาจุลระเบิดล่วงหน้า

เนื่องจากก๊าซไบโอมีเทนอัดประกอบด้วยก๊าซมีเทนเป็นส่วนผสมหลักซึ่งมีคุณลักษณะแตกต่างจากเชื้อเพลิงประเภทน้ำมันเบนซิน โดยความหนาแน่นต่ำมากเมื่อเทียบกับไอของน้ำมันเบนซินจึงทำให้เกิดการสูญเสียประสิทธิภาพเชิงปริมาตร แต่อย่างไรก็ตามเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของก๊าซมีเทนเป็นหลักจะมีคุณลักษณะที่มีค่าออกเทนสูงกว่าน้ำมันเบนซิน จึงทำให้สามารถต้านทานการชิงจุลระเบิดได้ด้วยตัวเองสูงและยังสามารถทำงานในจังหวะที่มีกำลังอัดสูงได้ดีกว่า

การปรับแต่งองศาจุลระเบิดล่วงหน้ามีความสำคัญต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์เป็นอย่างมาก โดยกำลังสูงสุดที่ได้จะต้องเกิดจากการได้รับแรงดันสูงสุดภายในกระบอกสูบหลังศูนย์ตายบนเพียงเล็กน้อย หากมีการจุลระเบิดที่เร็วเกินไปก็จะส่งผลให้งานที่จะได้รับหมดก่อนช่วงกำลังของเครื่องยนต์ และหากมีการจุลระเบิดที่ล่าช้าเกินไปก็จะส่งผลให้เสียงานที่จะได้รับในช่วงกำลังของเครื่องยนต์ โดยทั้งนี้การปรับแต่งองศาจุลระเบิดยังส่งผลต่อปริมาณมลพิษในไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง