บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ข้อได้เปรียบของการนำแก๊สธรรมชาติมาใช้กับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ คือ แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงแก๊สซึ่งการผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) เกิดขึ้นได้ง่ายทำให้การจ่ายเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์หลายสูบค่อนข้างสม่ำเสมอ (uniform distribution) และมลพิษจากไอเสียมีแนวโน้มเกิดขึ้นน้อยกว่าแกโซลีน [2] นอกจากนี้แก๊สธรรมชาติยังมีความต้านทานการน็อก (Knock resistance) ค่อนข้างสูง [3] สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดที่สูงกว่าเครื่องยนต์แกโซลีนได้ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติสูงกว่าเครื่องยนต์แกโซลีน

เพื่อให้สามารถบรรลุข้อได้เปรียบดังกล่าวข้างต้นจึงต้องพิจารณาส่วนประกอบต่างๆ ในการนำแก๊สธรรมชาติมาใช้กับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ อาทิ องค์ประกอบของเชื้อเพลิง คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเชื้อเพลิง เป็นต้น

2.1 องค์ประกอบของแก๊สธรรมชาติ

แก๊สธรรมชาติ หรือ Natural Gas (NG) หมายถึง ปิโตรเลียมหรือสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ชนิดหนึ่ง เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนและคาร์บอนที่เกิดจากการทับถมของซากพืชและสัตว์จำพวกจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในโลกมานานหลายร้อยล้านปี ซึ่งแปรสภาพเป็นแก๊สและน้ำมัน เนื่องจากความร้อนและความกดดันของผิวโลกที่สะสมในชั้นดิน องค์ประกอบของแก๊สธรรมชาติโดยทั่วไปประกอบด้วยมีเทนตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป นอกจากนั้นเป็นสารไฮโดรคาร์บอนหนัก (Heavier hydrocarbon) เช่น อีเทน (C_2H_6) และโพรเพน (C_3H_8) และแก๊สเฉื่อย อาทิ CO_2 และ N_2 เป็นต้น ทั้งนี้องค์ประกอบของแก๊สที่ส่งมาตามระบบท่อมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของแก๊สที่มาจากแหล่งกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแก๊สในระหว่างการจัดส่งในระบบท่อ [4,5]

2.2 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของแก๊สธรรมชาติ

คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแก๊สธรรมชาติเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอื่นแสดงในตารางที่ 2-1 โดยที่คุณสมบัติของแก๊สธรรมชาติในตารางที่ 2-1 เป็นคุณสมบัติทางทฤษฎีของแก๊สผสม ซึ่งแสดงรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ข

ตารางที่ 2-1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีขององค์ประกอบในแก๊สธรรมชาติ เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอื่นๆ [3,6,7]

Property	Gasoline	Propane	Methane	Thai gulf NG	Myanmar NG
1.Chemical Formula	$C_nH_{1.87n}$	C_3H_8	CH_4	$C_{1.1}H_{3.6}O_{0.3}N_{0.05}$	$C_{0.88}H_{3.18}O_{0.12}N_{0.36}$
2.Molecular Weight	~110	44.1	16.04	~23	~20.7
3.Specific gravity, 15°C	0.72–0.78	1.52	0.55	~0.78	~0.71
4.Flammability limits, by %volume					
- Lower	1.4	2	5.0	~5	~6
- Higher	7.6	9.5	15.0	~17	~19
5. Heating Value					
- HHV, MJ/kg	47.3	50.4	55.5	~37	~35
- LHV, MJ/kg	44.0	46.4	50	~33	~31
6. Stoichiometric ratio, weight	14.6	15.67	17.2	11.6	10.8
7.Octane number (ON)					
- Research octane no.(RON)	92-98	112	>127	-	-
- Motor octane no.(MON)	80–90	97	122	~128	~114

2.2.1 **ความถ่วงจำเพาะ** (Specific gravity, S.G.)

ความถ่วงจำเพาะหรือแสดงเป็นความหนาแน่น โดยทั่วไปแก๊สธรรมชาติมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.7-0.8 จึงเบากว่าอากาศ ทำให้มีความปลอดภัยกว่าแก๊สปิโตรเลียมเหลว เมื่อรั่วไหลจะลอยขึ้นสู่ที่สูง ฟุ้งกระจายไปในอากาศ

เนื่องจากแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทยมีปริมาณของอีเทนและโพรเพนสูงดังนั้นความหนาแน่นของแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทยจึงสูงกว่าของแก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่า

2.2.2 **ขีดจำกัดการติดไฟ** (Flammabilty limit)

ขีดจำกัดการติดไฟเป็นคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเชื้อเพลิง โดยเป็นส่วนผสมที่เปลวไฟภายในห้องเผาไหม้สามารถรักษาการแพร่กระจายของเปลวไฟ (Flame propagation) อยู่ได้โดยอิสระจากแหล่งจุดระเบิดภายนอก ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์กับสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยเฉพาะการใช้ขีดจำกัดส่วนผสมบางกับการทำงานเครื่องยนต์ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency)

เชื้อเพลิงที่จะเกิดการเผาไหม้ได้นั้นต้องผสมกับอากาศในอัตราส่วนผสมที่พอเหมาะซึ่งอยู่ภายในช่วงของส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศที่สามารถลุกไหม้ได้ เรียกว่า พิสัยการลุกไหม้โดยแสดงค่าเป็นอัตราส่วนร้อยละ (%) ของปริมาตรแก๊สต่อปริมาตรอากาศ สำหรับพิสัยการลุกไหม้ของแก๊สธรรมชาติมีค่า 5 ถึง 19 โดยปริมาตร ดังแสดงในตารางที่ 2-1 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันแกโซลีน (1.4-7.6) จะเห็นว่าแก๊สธรรมชาติมีพิสัยการลุกไหม้กว้างกว่า ส่วนรายละเอียดการคำนวณขีดจำกัดการติดไฟแสดงในภาคผนวก ข

2.2.3 **ค่าความร้อน** (Heating value)

ค่าความร้อนที่สภาวะปกติของเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติสามารถคำนวณได้โดยอาศัยค่าผลรวมค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแก๊สไฮโดรคาร์บอนแต่ละตัว ดังรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข

นอกจากนี้ยังต้องพิจารณา ความร้อนในการเผาไหม้ต่อหน่วยปริมาตรและต่อหน่วยน้ำหนัก ซึ่งมีผลต่อขนาดและน้ำหนักของถังบรรจุเชื้อเพลิงในยานยนต์ เพราะกำลังเครื่องยนต์ที่ได้แปรผันกับค่าความร้อนที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี (Stoichiometric ratio)

2.2.4 **อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี** (Stoichiometric ratio)

ในการปล่อยความร้อนจากเชื้อเพลิงนั้นจำเป็นต้องใช้ปริมาณอากาศที่เพียงพอ การที่อากาศไม่เพียงพอนั้นจะทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ในกรณีที่อากาศเกินนั้นจะทำให้สูญเสียความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) การทราบปริมาณความต้องการอากาศทางทฤษฎี หรืออัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎีนั้นเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ทราบถึงการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ สำหรับการเผาไหม้ทางทฤษฎีของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนใดๆ ที่มีสูตรเป็น C_aH_b กับอากาศสามารถเขียนเป็นสมการเคมีได้ดังนี้

$$C_aH_b + \left(a+\frac{b}{4}\right)\left(O_2 + 3.773N_2\right) \rightarrow aCO_2 + \frac{b}{2}H_2O + 3.773\left(a+\frac{b}{4}\right)N_2$$

อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎีสำหรับเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติซึ่งมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหลายชนิดและแก๊สเฉื่อยเป็นองค์ประกอบ สามารถหาได้จากผลรวมของปริมาณความต้องการอากาศทางทฤษฎีของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแต่ละตัว ส่วนรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข

2.2.5 Wobbe index

พารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับเชื้อเพลิงแก๊ส คือ Wobbe index หรือ Wobbe number ซึ่งเป็นการวัด Interchangeability ของแก๊สโดยมีความสัมพันธ์กับการวัดเปรียบเทียบพลังงานความร้อนที่ไหลผ่านออริฟิซ โดยแก๊สที่มีค่า Wobbe index เท่ากันสามารถใช้ทดแทนกันได้โดยไม่ต้อง

เปลี่ยนอัตราส่วนสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ เมื่อกำหนดวิธีการจ่ายเชื้อเพลิงเหมือนกัน Wobbe index ของเชื้อเพลิงต่างๆ สามารถคำนวณหาได้จากองค์ประกอบที่มีอยู่ในแก๊ส ดังสมการ

$$W = H/\sqrt{S.G.}$$

เมื่อ H เป็นค่าความร้อนเชิงปริมาตรของแก๊ส และ S.G. คือความถ่วงจำเพาะของแก๊ส

ค่า Wobbe index เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความร้อนของปริมาณแก๊สที่ไหลผ่านออริฟิซ เนื่องจากการ metering เชื้อเพลิงแก๊สใช้พื้นฐานของออริฟิซ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่า Wobbe index ของเชื้อเพลิงจะเป็นสัดส่วนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณพลังงานที่ไหลผ่าน (rate of energy flow) และยังมีผลต่ออัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงด้วย [3,8]

2.2.6 เลขออกเทน

เป็นคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่แสดงความต้านทานการน็อกในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ การวัดค่าเหล่านี้แตกต่างกันหลายวิธี สำหรับน้ำมันแกโซลีนและเชื้อเพลิงเหลว โดยทั่วไปใช้ค่า Research และ Motor octane number (RON และ MON) ในการบอกคุณสมบัตินี้ แต่สำหรับเชื้อเพลิงแก๊สนั้นการใช้ค่า RON นี้ไม่เหมาะสมเนื่องจากค่าที่ได้ไม่แม่นยำพอตามที่มาตรฐาน ASTM (American society for testing and materials) ได้กำหนด [3] สำหรับแก๊สธรรมชาติที่มีความต้านทานการน็อกได้ดีกว่าน้ำมันแกโซลีน ทำให้สามารถใช้อัตราส่วนการอัดสูงกว่าน้ำมันแกโซลีน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์

2.2.7 กลิ่น, สีและความเป็นพิษ

แก๊สธรรมชาติจากแหล่งผลิตจะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ดังนั้นในการขนส่งหรือในกระบวนการผลิตแก๊สธรรมชาติจึงต้องมีการเติมสารที่มีกลิ่นลงไปเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน เมื่อเกิดการรั่วไหลขึ้นจะสามารถได้กลิ่น และเตรียมการป้องกันได้

2.3 ผลจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่อคุณสมบัติและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของเชื้อเพลิงมีผลต่อคุณสมบัติและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ดังนี้

<u>ความถ่วงจำเพาะ</u>

จากสมการ $G = x_1 G_1 + x_2 G_2 + .. + x_n G_n$ เมื่อนำมาใช้พิจารณาเปรียบเทียบค่าความถ่วงจำเพาะ (G) ของเชื้อเพลิงแก๊สผสม 2 ชนิด ที่มีองค์ประกอบต่างกัน ผลของเศษส่วนโมล (x_i) และความถ่วงจำเพาะ (G_i) ขององค์ประกอบแต่ละตัวมีผลต่อความถ่วงจำเพาะของเชื้อเพลิง โดยสารไฮโดรคาร์บอนหนักจะมีค่าความถ่วงจำเพาะสูง สำหรับสารไฮโดรคาร์บอนที่มีอัตราส่วน

H/C น้อยจะมีค่าความถ่วงจำเพาะสูง ส่วนความถ่วงจำเพาะของแก๊สเฉื่อย อาทิ N_2 และ CO_2 นั้น ความถ่วงจำเพาะของ CO_2 (G=1.52) สูงกว่าของ N_2 (G=0.97)

ขีดจำกัดการติดไฟ

จากสมการในการคำนวณหาขีดจำกัดการติดไฟของเชื้อเพลิงแก๊สผสม Le chatilier's modification of mixture law ดังนี้

$$FL = \frac{100}{P_1/N_1 + P_2/N_2 + \ldots + P_n/N_n}$$

โดย FL = limit of flammability of mixture

P_1 = เปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงชนิดแรก

P_2 = เปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงชนิดที่สอง

P_n = เปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงชนิดที่ n

N_1 = limit of flammability ของเชื้อเพลิงชนิดแรก

N_2 = limit of flammability ของเชื้อเพลิงชนิดที่สอง

N_n = limit of flammability ของเชื้อเพลิงชนิดที่ n

โดยเชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนหนัก ทำให้ขีดจำกัดการติดไฟของเชื้อเพลิงแก๊สผสมบางลง หากแก๊สผสมมีองค์ประกอบของแก๊สเฉื่อยทำให้ขีดจำกัดการติดไฟที่ส่วนผสมบาง (Lean flammability limit) หนาขึ้น

ค่าความร้อน

จากสมการ $H = x_1H_1 + x_2H_2 + ..+ x_2H_2$ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความร้อนระหว่างเชื้อเพลิงแก๊สผสม 2 ชนิด พบว่ามีผลจากเศษส่วนโมล (x_i) และค่าความร้อน (H_i) ขององค์ประกอบแต่ละตัวต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิง โดยสารไฮโดรคาร์บอนที่มีอัตราส่วน H/C น้อย อาทิ อีเทนและโพรเพน จะมีค่าความร้อนมาก หากแก๊สผสมมีองค์ประกอบของแก๊สเฉื่อยทำให้ค่าความร้อนของส่วนผสมลดลง

อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี

ในการหามวลอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ให้สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงแก๊สผสม 1 หน่วยปริมาตรหากมีองค์ประกอบของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน จำเป็นต้องใช้ O_2 ในอากาศมาเป็นสารตั้งต้นสำหรับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) แต่สำหรับแก๊สเฉื่อยซึ่งยากแก่การเกิดปฏิกิริยาจึงไม่คิดปริมาณความต้องการใช้อากาศ ดังนั้นหากแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของ

แก๊สเฉื่อยผสมกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจะมีอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎีน้อยกว่าเชื้อเพลิงสารประกอบไฮโดรคาร์บอนล้วน

Wobbe index

จากความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแก๊สเฉื่อยที่ผสมในเชื้อเพลิงกับ Wobbe Index พบว่า CO_2 มีประสิทธิผลในการลด Wobbe Index กว่า N_2 เนื่องจากความหนาแน่นของ CO_2 สูงกว่า ของ N_2 [8]

2.4 ระบบการจ่ายเชื้อเพลิง

รูปแบบการจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติสามารถทำได้ 3 แบบดังนี้

1.แบบคาร์บูเรชัน (Carburetion) ใช้อากาศไหลผ่านตัวกีดขวาง (Restriction) เกิดความดันตกคร่อมที่คอคอด (Throat) ทำให้เชื้อเพลิงถูกดูดไปตามสายธารอากาศด้วยความเร็ว Subsonic (Unchoked) โดยอัตราการไหลของเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของอากาศตามความเร็วรอบและภาระของเครื่องยนต์

2.แบบฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ท่อร่วมไอดี เป็นการจ่ายเชื้อเพลิงเข้าไปในท่อไอดีบริเวณก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้โดยใช้หัวฉีด ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ เช่น ความเร็วรอบ ความดันสัมบูรณ์ในท่อร่วมไอดีและองศาการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อ ซึ่งถูกปรับให้เหมาะสมด้วยระบบทางกลหรือทางไฟฟ้า โดยอัตราการไหลของเชื้อเพลิงเป็นไปตามค่าที่ได้จากการปรับแต่งเครื่องยนต์ให้เหมาะกับแต่ละสภาวะการทำงาน ซึ่งแตกต่างจากรูปแบบคาร์บูเรชันที่อัตราการไหลของเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของอากาศ ทั้งนี้อัตราการไหลเชิงปริมาตรของส่วนผสมทั้งหมดมีค่าคงที่ ณ สภาวะการทำงานหนึ่ง ๆ ทำให้อัตราการไหลของอากาศขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของเชื้อเพลิงซึ่งเป็นจริงเมื่อสภาวะการไหลเป็นแบบ Choked (Sonic) และ Unchoked (Subsonic)

3.แบบฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้โดยตรง (Direct injection) เป็นการจ่ายเชื้อเพลิงที่ความดันสูง โดยเชื้อเพลิงถูกฉีดตรงเข้าห้องเผาไหม้

2.5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบและการทำงานของเครื่องยนต์

สมรรถนะหรือความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ถูกกำหนดโดยพารามิเตอร์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.5.1 **กำลัง** (Power)

กำลังจากเครื่องยนต์เป็นค่าที่ใช้กำหนดสมรรถนะและกำหนดภาระที่เครื่องยนต์นำไปใช้งาน อยู่ในเทอมของกำลังเบรก (Brake power, P_b) ถ้ามีแรงบิดที่ได้จากเพลาขับ T ความสัมพันธ์ของกำลังเบรกต่อแรงบิดและรอบการหมุน N หาได้จาก

$$P_b = 2\pi NT$$

2.5.2 **ความดันยังผลเฉลี่ย** (mean effective pressure)

ในขณะที่แรงบิดและกำลังใช้วัดความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องยนต์ จึงมีการกำหนดการวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบขึ้น โดยหาได้จากการหารงานต่อวัฏจักรด้วยปริมาตรการกระจัด (Displacement volume, V_d) ต่อวัฏจักร ค่าที่ได้เรียกว่าความดันยังผลเฉลี่ย (Mean effective pressure, mep)

$$\text{mep} = \frac{W_c}{V_d}$$

หน่วยของ mep เป็นหน่วยของความดัน นอกจากนี้ยังสามารถแสดงในเทอมของ imep และ bmep ได้สำหรับเทอมของกำลังและแรงบิดจากสมการ

$$\text{mep} = \frac{n_R P}{n_C V_d N} = \frac{2\pi n_R T}{n_C V_d}$$

โดยที่ n_C เป็นจำนวนลูกสูบและ n_R เป็นจำนวนรอบการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงที่ได้จังหวะกำลัง 1 จังหวะสำหรับเครื่องยนต์สองจังหวะ $n_R = 1$ และเครื่องยนต์สี่จังหวะ $n_R = 2$

mep สูงสุดของเครื่องยนต์แต่ละชนิดที่ถูกออกแบบอย่างดี มักจะมีค่าเกือบคงที่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงสามารถนำ bmep ที่กำหนดไว้นี้ไปใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จริงเพื่อประเมินว่าเครื่องยนต์นี้ได้ใช้ปริมาตรกระจัดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด

2.5.3 **การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะและประสิทธิภาพ**

ในการทดสอบเครื่องยนต์ การบริโภคเชื้อเพลิงจะถูกวัดเป็นอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิง (m_f) ซึ่งเครื่องยนต์ขนาดใหญ่จะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบได้ จึงกำหนดในรูปแบบของการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific fuel consumption, sfc) เป็นอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังที่ให้ออกมา และเป็นการวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในการใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตงานออกมา

$$\text{sfc} = \frac{m_f}{P}$$

ค่า sfc ที่ต่ำบอกถึงการนำพลังงานไปใช้ได้ดี โดยทั่วไปแล้วจะคำนวณในรูปของการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake specific fuel consumption, bsfc) คืออัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังเบรกที่ให้ออกมา

เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ได้มีการกำหนดค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในรูปของค่าที่ไม่มีหน่วยขึ้น คืออัตราส่วนระหว่างงานที่ได้ต่อวัฏจักรกับพลังงานของเชื้อเพลิงที่ใส่เข้าไปต่อวัฏจักร โดยพลังงานเชื้อเพลิงที่สามารถปล่อยออกมาจากการเผาไหม้จะหาได้จากมวลของเชื้อเพลิงที่ส่งเข้าไปในเครื่องยนต์ต่อวัฏจักรคูณด้วยค่าความร้อนของเชื้อเพลิง อัตราส่วนนี้เรียกว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th})

$$\eta_{th} = \frac{W_c}{m_f Q_{HV}} = \frac{P}{\dot{m}_f Q_{HV}}$$

โดย m_f เป็นมวลของเชื้อเพลิงที่ถูกนำเข้าต่อวัฏจักรและ Q_{HV} เป็นค่าความร้อนของเชื้อเพลิง สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะกับประสิทธิภาพเชิงความร้อนดังนั้น

$$\eta_{th} = \frac{1}{sfc Q_{HV}}$$

2.6 การใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์

2.6.1 ข้อดีและข้อด้อยของการใช้แก๊สธรรมชาติในเครื่องยนต์

1.แก๊สไอเสีย (Emission)

แก๊สธรรมชาติไม่มีสารพิษจำพวกสารประกอบของตะกั่ว (Lead) หรือสารประกอบจำพวกอัลดีไฮด์ (aldehydes) ซึ่งใช้เติมในแกโซลีนเพื่อเพิ่มค่าออกเทน และเนื่องจากแก๊สธรรมชาติมีปริมาณก๊ามะถันผสมอยู่น้อยทำให้เกิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์น้อยมาก คาร์บอนมอนนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นน้อย ทำให้แก๊สไอเสียที่ออกมาค่อนข้างสะอาด [2]

2.กำลังที่ได้ (Power output)

เครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติส่วนใหญ่สามารถทำงานที่ส่วนผสมบาง และปริมาตรของเชื้อเพลิงที่เข้าไปในเครื่องยนต์มากกว่าทำให้เวลาในการเผาไหม้ส่วนผสมระหว่างแก๊สธรรมชาติกับอากาศในห้องเผาไหม้นานกว่าส่วนผสมของน้ำมันแกโซลีนกับอากาศ นอกจากนี้แก๊สธรรมชาติซึ่งถูกป้อนให้แก่เครื่องยนต์ในสภาพที่เป็นแก๊สอย่างสมบูรณ์จะเข้าแทนที่อากาศ ทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric efficiency) ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเร็วสูงๆ

ปัจจัยอื่นที่ทำให้กำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สธรรมชาติต่ำกว่าน้ำมันแกโซลีน คือ การนำแก๊สธรรมชาติที่มีเลขออกเทนสูงมาใช้กับเครื่องยนต์แกโซลีนซึ่งมีอัตราส่วนการอัดต่ำนั่น คือ ไม่

สามารถนำข้อดีส่วนนี้มาใช้ได้นอกจากนำไปใช้กับเครื่องยนต์ที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้เฉพาะกับแก๊สธรรมชาติซึ่งค่าอัตราส่วนการอัดที่เหมาะสม

3.น้ำมันเครื่อง (Engine oil)

เครื่องยนต์แกโซลีนที่ทำงานมาก ปฏิกิริยาออกซิเดชันก็จะเพิ่มขึ้น น้ำมันเครื่องก็จะค่อยๆ เสื่อมคุณภาพลงไปเรื่อยๆ แต่การใช้แก๊สธรรมชาติกับเครื่องยนต์ 4 จังหวะนั้นแก๊สธรรมชาติเข้าสู่ห้องเผาไหม้ในลักษณะของแก๊สสมบูรณ์ (Dry gas) ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ จึงเกิดเขม่าคาร์บอนและตะกอนน้อย จึงทำให้น้ำมันเครื่องสกปรกเสียหายน้อยกว่า อายุการใช้งานของน้ำมันเครื่องจึงยาวนานขึ้นกว่าเมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนเป็นเชื้อเพลิง

4.การน็อกของเครื่องยนต์ (Knocking)

แก๊สธรรมชาติมีเลขออกเทนค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับน้ำมันแกโซลีน [3] ดังนั้นจึงสามารถใช้แก๊สธรรมชาติในเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดสูงได้ (Compression ratio) โดยไม่เกิดการน็อก

2.6.2 สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติเมื่อเทียบกับน้ำมันแกโซลีน

ผลจากการใช้แก๊สธรรมชาติในเครื่องยนต์มักพบว่า กำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์จะตกลงทุกความเร็วรอบ เนื่องจากแก๊สธรรมชาติเข้าไปแทนที่อากาศ ทำให้ปริมาณอากาศเข้ากระบอกสูบลดลงและมีแก๊สเฉื่อยที่ไม่ช่วยในการเผาไหม้ ทำให้ปริมาตรของเชื้อเพลิงสูญเสียไปส่วนหนึ่ง และค่าความร้อนของแก๊สธรรมชาติลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย