

ภาคผนวก ง

การคำนวณประสิทธิภาพของการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง

ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพการผลิตแก๊สจากการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขี้ข้าวโพดที่อุณหภูมิชั้นรีดักชัน 900 °C

การคำนวณประสิทธิภาพ Cold Gas Efficiency และ Hot Gas Efficiency สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{Cold Gas Efficiency} = \frac{Q_g V_g}{\text{LHV}_f M_f}$$

$$\text{Hot Gas Efficiency} = \frac{Q_g V_g + \Delta Q}{\text{LHV}_f M_f}$$

$$\text{โดย} \quad \Delta Q = M_g C_p (T_f - T_0)$$

เมื่อ

$$Q_g = \text{ค่าความร้อนต่ำของแก๊สเชื้อเพลิง (MJ/Nm}^3\text{)}$$

$$V_g = \text{ปริมาตรแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ (Nm}^3\text{)}$$

$$\text{LHV}_f = \text{ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (MJ/kg)}$$

$$M_f = \text{น้ำหนักเชื้อเพลิง (kg)}$$

$$M_g = \text{น้ำหนักแก๊สเชื้อเพลิง (kg)}$$

$$C_p = \text{ความจุความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิง (kJ/kgK)}$$

$$T_f = \text{อุณหภูมิแก๊สเชื้อเพลิงทางออก (K)}$$

$$T_0 = \text{อุณหภูมิแก๊สทางเข้า (K)}$$

ตัวอย่างการคำนวณปริมาตรแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ (V_g) เมื่อทำการทดลองผ่านไป 20 นาที

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ } V_g &= (\text{Volume Flow rate} \times \text{time}) \\ &= [0.0073 \text{ m}^3/\text{s} \times (10 \text{ min} \times 60 \text{ s})] \\ &= 4.39 \text{ Nm}^3 \end{aligned}$$

ตัวอย่างการคำนวณน้ำหนักแก๊สเชื้อเพลิง (M_g) เมื่อทำการทดลองผ่านไป 20 นาที

สมมุติว่าน้ำหนักของแก๊สเชื้อเพลิงเป็นน้ำหนักรวมของ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน มีเทน และ ไนโตรเจน ($\text{CO} = 21.1\%$, $\text{CH}_4 = 3.1\%$, $\text{H}_2 = 6.76\%$ และ $\text{N}_2 = 69.0\%$)

จาก	Pv	$=$	nRT
	n	$=$	$\frac{Pv}{RT}$
และ	Mass (g)	$=$	$n \times \text{molecular mass}$
ดังนั้น	M_{gas}	$=$	$\frac{Pv}{RT} \times (\text{molecular mass})$
น้ำหนักคาร์บอนมอนอกไซด์	M_{CO}	$=$	$\frac{Pv_{\text{CO}}}{RT} \times (\text{molecular mass})_{\text{CO}}$
		$=$	$\frac{(1 \text{ atm})(0.211 \times 4.39 \text{ Nm}^3)}{(8.205 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(273 \text{ K})} \times (28)$
		$=$	1184 g
น้ำหนักมีเทน	M_{CH_4}	$=$	$\frac{Pv_{\text{CH}_4}}{RT} \times (\text{molecular mass})_{\text{CH}_4}$
		$=$	$\frac{(1 \text{ atm})(0.031 \times 4.39 \text{ Nm}^3)}{(8.205 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(273 \text{ K})} \times (16)$
		$=$	97 g
น้ำหนักไฮโดรเจน	M_{H_2}	$=$	$\frac{Pv_{\text{H}_2}}{RT} \times (\text{molecular mass})_{\text{H}_2}$
		$=$	$\frac{(1 \text{ atm})(0.0676 \times 4.39 \text{ Nm}^3)}{(8.205 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(273 \text{ K})} \times (2)$
		$=$	26 g
น้ำหนักไนโตรเจน	M_{N_2}	$=$	$\frac{Pv_{\text{N}_2}}{RT} \times (\text{molecular mass})_{\text{N}_2}$
		$=$	$\frac{(1 \text{ atm})(0.69 \times 4.39 \text{ Nm}^3)}{(8.205 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(273 \text{ K})} \times (28)$
		$=$	3871 g
ได้น้ำหนักแก๊สเชื้อเพลิง	M_g	$=$	$M_{\text{CO}} + M_{\text{CH}_4} + M_{\text{H}_2} + M_{\text{N}_2}$
		$=$	$1184 \text{ g} + 97 \text{ g} + 26 \text{ g} + 3871 \text{ g}$
		$=$	$5178 \text{ g} = (5.178 \text{ kg})$

ตัวอย่างการคำนวณค่าความจุความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิง (C_p) เมื่อทำการทดลองผ่านไป 20 นาที

จาก	C_p	$=$	$\sum_{i=1}^k f_i C_{p,i}$
เมื่อ	f_i	$=$	สัดส่วนโดยโมลของแก๊สในแก๊สเชื้อเพลิง
ความจุความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิง C_p		$=$	$f_{\text{CO}} C_{p, \text{CO}} + f_{\text{CH}_4} C_{p, \text{CH}_4} + f_{\text{H}_2} C_{p, \text{H}_2} + f_{\text{N}_2} C_{p, \text{N}_2}$

$$\begin{aligned}
 &= (0.211 \times 1.050) + (0.031 \times 2.226) + \\
 &\quad (0.0676 \times 3.467) + (0.69 \times 1.050) \\
 &= 1.250 \text{ kJ/kgK}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างการคำนวณค่า ΔQ เมื่อทำการทดลองผ่านไป 20 นาที

$$\begin{aligned}
 \Delta Q &= (5.178 \text{ kg})(1.250 \text{ kJ/kgK})(358 \text{ K} - 303 \text{ K}) \\
 &= 539.5 \text{ kJ} = 0.54 \text{ MJ}
 \end{aligned}$$

ทำการคำนวณ Q_g (ตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค) V_g และ ΔQ ทุกๆ 10 นาที ดังตารางที่ ง.1

ตารางที่ ง.1 การคำนวณค่าความร้อนประสิทธิภาพ Cold Gas Efficiency และ Hot Gas Efficiency

Time (min)	Producer Gas Composition (% vol)			LHV, Q_g (MJ/Nm ³)	Gas Flow (Nm ³ /s)	V_g (Nm ³)	$Q_g \times V_g$ (MJ)	ΔQ (MJ)
	CO	CH ₄	H ₂					
0	6.0	0.7	0.83	1.14	0.0148	8.85	9.72	0.37
10	18.0	1.6	2.25	3.19	0.0092	5.54	17.12	0.44
20	21.1	3.1	6.76	4.76	0.0073	4.39	19.79	0.54
30	21.4	2.7	6.57	4.61	0.0073	4.39	19.23	0.80
40	22.7	2.2	5.05	4.38	0.0073	4.39	18.45	1.13
50	21.8	1.8	3.45	3.90	0.0074	4.46	16.84	1.35
60	19.4	1.0	1.83	3.08	0.0073	4.39	13.20	1.45
70	14.5	1.0	0.61	2.30	0.0073	4.39	9.91	1.33
80	10.7	1.0	0.24	1.78	0.0073	4.39	7.62	1.01
90	7.1	0.9	0.08	1.26	0.0073	4.39	5.39	0.88
					Sum.	49.60	137.28	9.30

สามารถคำนวณประสิทธิภาพ Cold Gas Efficiency และ Hot Gas Efficiency ได้ดังนี้
 การทดลองใช้ขี้ข้าวโพดจำนวน 15 kg โดยขี้ข้าวโพดมีค่าความร้อนต่ำ (LHV) 14.23 MJ/kg

$$\begin{aligned}\text{ประสิทธิภาพ Cold Gas Efficiency} &= \frac{137.28 \text{ MJ}}{14.23 \text{ MJ/kg} \times 15 \text{ kg}} \times 100 \\ &= 64.31 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ประสิทธิภาพ Cold Gas Efficiency} &= \frac{137.28 \text{ MJ} + 9.30 \text{ MJ}}{14.23 \text{ MJ/kg} \times 15 \text{ kg}} \times 100 \\ &= 68.67 \%\end{aligned}$$