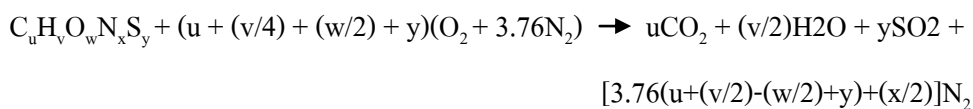


ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณ

การประมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ทางทฤษฎีจากสมการการเผาไหม้ [13]



โดยที่ องค์ประกอบของถ่านหินชนิดซับบิทูมินัส ประกอบด้วย

C	=	63.5	%
H	=	5.13	%
O	=	35.62	%
N	=	0.88	%
S	=	0.02	%

ดังนั้น

u	=	635.0/12
	=	52.91 โมล
v	=	51.3/1
	=	51.1 โมล
w	=	356.2/16
	=	22.26 โมล
x	=	7.7/14
	=	0.58 โมล
y	=	0.2/16 โมล
	=	0.012 โมล

ดังนั้นปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ทางทฤษฎี ต่อกะลาปาล์ม 1 kg $(A/F)_{Stoi}$ คำนวณจาก

$$\begin{aligned} (A/F)_{Stoi} &= \text{ปริมาณอากาศที่ใช้/ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้} \\ &= (u + (v/4) + (w/2) + y)(O_2 + 3.76N_2)/1000 \\ &= (52.91 + (51.1/4) + (22.26/2) + 0.012)(32 + 3.76(28))/1000 \\ (A/F)_{Stoi} &= 7.72 \end{aligned}$$

การคำนวณค่าความร้อนและอัตราการปลดปล่อยพลังงานของก๊าซเชื้อเพลิง

ตัวอย่าง การคำนวณค่าทางความร้อนจากสมการ Ideal Gas หาปริมาตรก๊าซเชื้อเพลิง

ในกรณีอัตราการป้อนอากาศ 700 L/min โดยก๊าซเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ได้ประกอบด้วย

H₂ 12.46%, CO 19.10 % และ CH₄ 1.317%

ตาราง ง.1 ค่าความร้อนขององค์ประกอบก๊าซเชื้อเพลิง

ก๊าซ	ค่าความร้อน(MJ/kmole)
ไฮโดรเจน (H ₂)	285.840
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	282.990
มีเทน (CH ₄)	890.360

จากสูตร $PV = RT$ (ง.1)

เมื่อ $R = 8.314 \frac{kJ}{kmole.K}$ $P = 1.013 \times 10^2 \frac{kN}{Nm^2}$ $T = 273K$

ดังนั้น

$$V = \frac{RT}{P} = \frac{8.314 \left(\frac{kJ}{kmole.K} \right) \times 273(K)}{1.013 \times 10^2 \left(\frac{kN}{m^2} \right)} = 22.40 \frac{Nm^3}{kmole}$$

จากสูตร

$$\text{Higher Heating Value, HHV} = \frac{(\text{mole Fraction} \times \text{HHV})}{V} \quad (\text{ง.2})$$

$$= \frac{\{0.1246 \times 285.840(MJ / kmole)\} + \{0.1910 \times 282.990(MJ / kmole)\} + \{0.0137 \times 890.360(MJ / kmole)\}}{22.40(Nm^3 / kmole)}$$

$$= 4.53 \frac{MJ}{Nm^3}$$

เมื่ออัตราการไหลของก๊าซเชื้อเพลิง

$$= 52.65 \frac{Nm^3}{h}$$

อัตราการปลดปล่อยพลังงานจากการเผาไหม้ที่ได้จากการเผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิง

$$\begin{aligned}
 \text{Gas power} &= 4.53 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{Nm}^3} \right) \times 52.65 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \right) \\
 &= 238.321 \frac{\text{MJ}}{\text{h}} \\
 &= 66.2 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราการป้อนอากาศ 700 L/min สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลงโดยใช้ถ่านหินชนิดซับบิทูมินัสเป็นเชื้อเพลิง โดยได้ก๊าซเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อน 4.53 MJ/m³ และอัตราการปลดปล่อยพลังงานจากการเผาไหม้ที่ได้จากการเผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิง 66.2 kW

การคำนวณอัตราการไหลของก๊าซเชื้อเพลิง

ตัวอย่าง การคำนวณหาอัตราการไหลของก๊าซเชื้อเพลิงที่อัตราการป้อนอากาศ 700 L/min

จากการวิเคราะห์ องค์ประกอบ N ₂ ในก๊าซเชื้อเพลิง [N _{2Gas}]	63.02%
องค์ประกอบของ N ₂ ในอากาศ [N _{2Air}]	79%
อัตราการป้อนอากาศ [Q _{Air}] 700 L/min	42 m ³ /h

จากสูตร

$$\begin{aligned}
 Q_{Gas} &= \frac{[N_{2Air}] Q_{Air}}{[N_{2Gas}]} & (ง.3) \\
 Q_{Gas} &= \frac{79(\%) \times 42(\text{m}^3/\text{h})}{63.02(\%)} \\
 Q_{Gas} &= 52.65 \text{ m}^3/\text{h}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นอัตราการไหลของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากอัตราการป้อนอากาศ 700 L/min มีค่าเท่ากับ 52.65 m³/h

การคำนวณประสิทธิภาพของเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

ตัวอย่าง การคำนวณหาประสิทธิภาพของเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่อัตราการป้อนอากาศ 700 L/min

จากการคำนวณค่าความร้อนทางสูงของถ่านหิน [HHV _{Fuel}] เท่ากับ	23.73 MJ/kg
อัตราการเผาไหม้ถ่านหิน [$\dot{m}_{Fuel}$] เท่ากับ	20.69 kg/h
จากการคำนวณค่าความร้อนทางสูงของก๊าซ [HHV _{Gas}] เท่ากับ	4.53 MJ/m ³
อัตราการไหลของก๊าซ [Q _{Gas}] เท่ากับ	50.26 m ³ /h
ความหนาแน่นอากาศ ที่ 30 °C [ρ_{Air}] เท่ากับ	1.16 kg/m ³

จากสูตร

$$\eta_{\text{Gasifier}} = \frac{HHV_{\text{Gas}} \times Q_{\text{Gas}}}{HHV_{\text{Fuel}} \times \dot{m}_{\text{Fuel}}} \times 100 \quad (3.4)$$

$$\eta_{\text{Gasifier}} = \frac{4.53(MJ / m^3) \times 50.26(m^3 / h)}{23.73(MJ / kg) \times 20.69(kg / h)} \times 100$$

$$\eta_{\text{Gasifier}} = 48.55 \%$$

ดังนั้นประสิทธิภาพของเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่อัตราการป้อนอากาศ 700 L/min มีค่าเท่ากับ 48.55%

การคำนวณอัตราการไหลของอากาศจาก Pipe Orifice

ตัวอย่าง การคำนวณระดับความสูงที่อ่านได้จากมานอมิเตอร์ จากอัตราการป้อนอากาศ 700 L/min

ผ่าน Orifice plate

เมื่อแผ่น orifice มี เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (d_2) เท่ากับ	5.08	cm
เมื่อแผ่น orifice มี เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d_1) เท่ากับ	3.3	cm
อัตราการป้อนอากาศ 700 L/min (Q) เท่ากับ	0.0117	m^3/s
ความหนาแน่นของน้ำ [ρ_{Water}] เท่ากับ	988	m^3/kg
ความหนาแน่นของอากาศ [ρ_{Air}] เท่ากับ	1.16	m^3/kg
แรงโน้มถ่วง (g) เท่ากับ	9.81	m^2/s

จากสูตร

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{2\rho} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{2\rho} + Z_2 \quad (3.5)$$

เมื่อ

$$\rho_1 = \rho_2 \quad Z_1 = Z_2$$

ดังนั้น

$$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = \frac{P_1 - P_2}{\rho g}$$

จากความสัมพันธ์ $A_1 V_1 = A_2 V_2$

ดังนั้น

$$V_2 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho \left(1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right)}}$$

$$Q = A_2 V_2 = A_2 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho \left(1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2\right)}}$$

กำหนดให้

$$E = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^4}} \quad \text{เมื่อ} \quad \beta = \frac{d_2}{d_1}$$

ดังนั้น

$$Q = C_D E A_2 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

$$Q = K A_2 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}} \quad \text{เมื่อ} \quad k = C_D E$$

หาค่า E

$$E = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^4}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.65^4}} \quad \text{เมื่อ} \quad \beta = \frac{3.3}{5.08} = 0.65$$

$$E = \frac{1}{\sqrt{1 - 1.54^4}} = 1.10$$

หา Re ของอัตราการป้อนอากาศ 700 L/min

จากสูตร $V = \frac{Q}{A}$ ดังนั้น

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.0017(m^3/s)}{0.000855(m^2)} = 11.69 m/s \quad \text{เมื่อ } A \text{ คือพื้นที่ที่หาได้จากเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d₂)}$$

$$Re = \frac{Vd}{\nu} = \frac{11.69 \times 0.033}{1.608 \times 10^{-5}} = 28003.26 \quad \text{เมื่อ } \nu \text{ คือ Kinematic viscosity ของอากาศที่ } 30^\circ C$$

เมื่อทราบค่า Re และ B สามารถหาค่า C_d ได้จากรูปที่ ง.1 ซึ่งเท่ากับ 0.62

$$\text{ดังนั้น } K = C_d E = 0.62 \times 1.10 = 0.68$$

แทนค่าลงในสมการ

$$Q = K A_2 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho_{air}}} \quad (ง.6)$$

$$0.0117(m^3/s) = 0.68 \times 0.000855(m^2) \times \sqrt{\frac{2 \times (P_1 - P_2)}{1.16(m^3/kg)}}$$

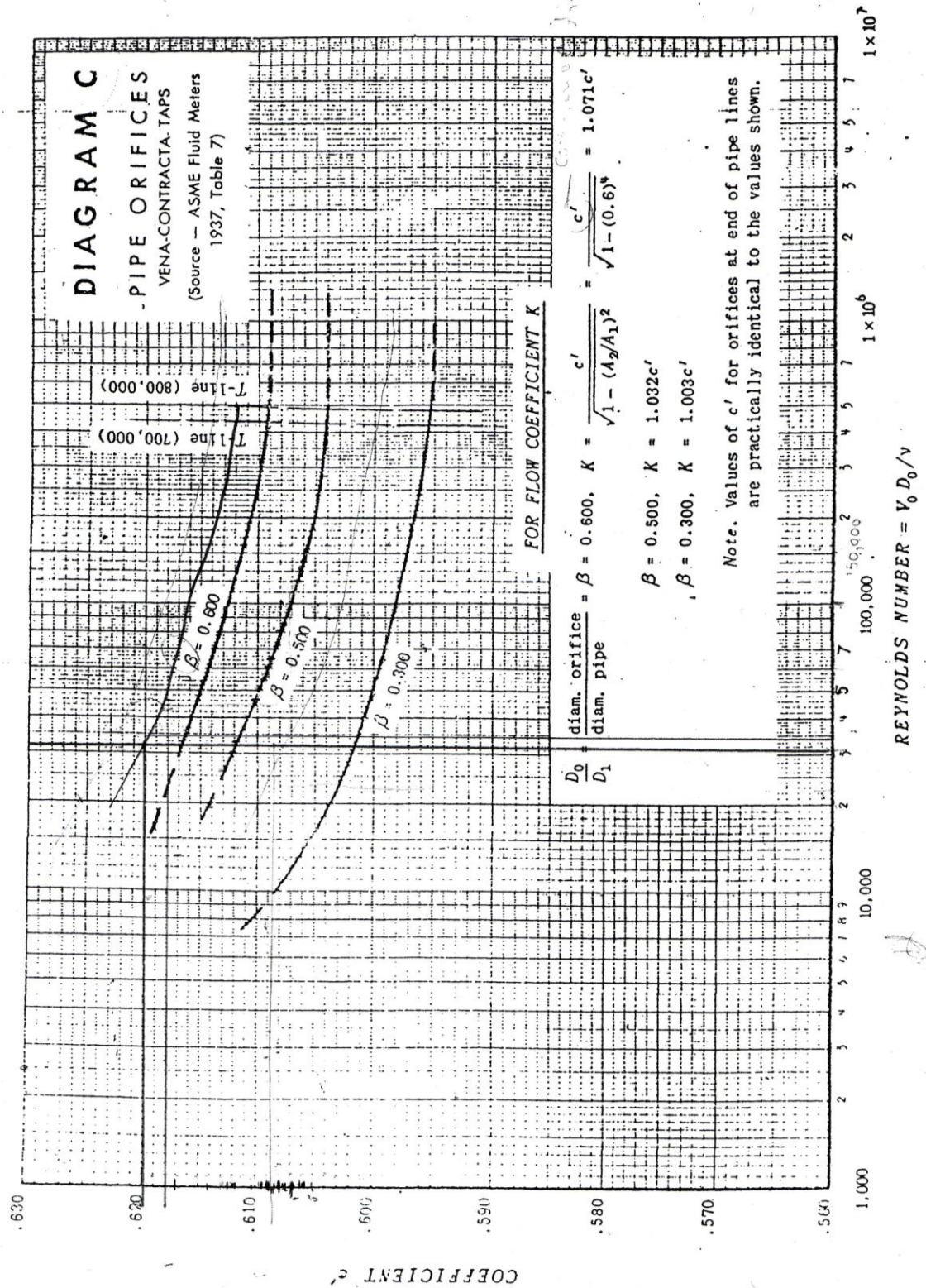
$$234.88 = P_1 - P_2$$

$$234.88 = \rho g(h_2 - h_1)$$

$$234.88 = 998(m^3/kg) \times 9.81(m^2/s) \times (h_2 - h_1)$$

$$(h_2 - h_1) = 0.024m$$

ดังนั้น ที่อัตราการป้อนอากาศ 700 L/min ต้องปรับ วาล์ว เพื่อให้อากาศไหลผ่าน Orifice plate โดยระดับความสูงของน้ำที่อ่านได้จากमानमीटरที่ใช้ร่วมกับ Orifice plate จะมีความสูง 2.4 cm



รูปที่ ง.1 กราฟแสดงการหาค่า C_D ของ Pipe Orifices