

30. Wyznaczanie linii zupełnego spalania gazu ziemnego

30.1 Wstęp

Jak wiadomo między składem substratów i produktów zachodzą związki wynikające z zasady zachowania ilości substancji.

Dla spalin suchych związek taki nosi nazwę równania spalania. Dla $CO = 0$ ma ono postać:

$$\frac{[CO_2]}{k_{\max}} + \frac{[O_2]}{21} = 1$$

gdzie $[CO_2]$, $[O_2]$ – udziały objętościowe CO_2 i O_2 w spalinach suchych,

$$k_{\max} = \frac{100}{\left(\frac{79}{21}\right) \cdot \sigma + \nu + 1}$$

$$\sigma = \frac{n_{O_2, \min}}{n_c}$$

$$\nu = \frac{n_{N_2}}{n_c}$$

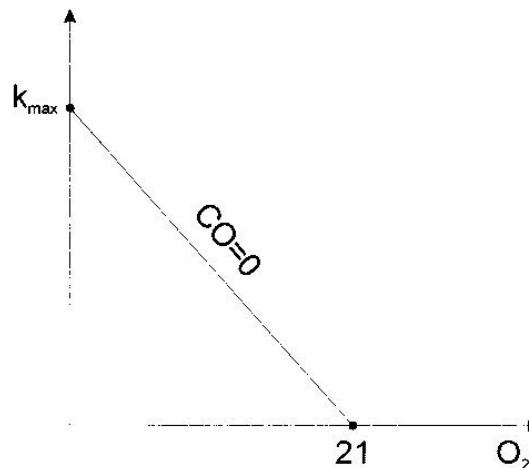
$n_{O_2, \min}$ - minimalna ilość tlenu

n_c - ilość węgla w paliwie

n_{N_2} - ilość azotu w spalinach

Współczynniki σ i ν są to tzw. współczynniki Moliera. Charakteryzują one paliwo. Wyznacza się je ze składu paliwa i równań stechiometrycznych.

Obrazem graficznym tego równania jest wykres poniżej.



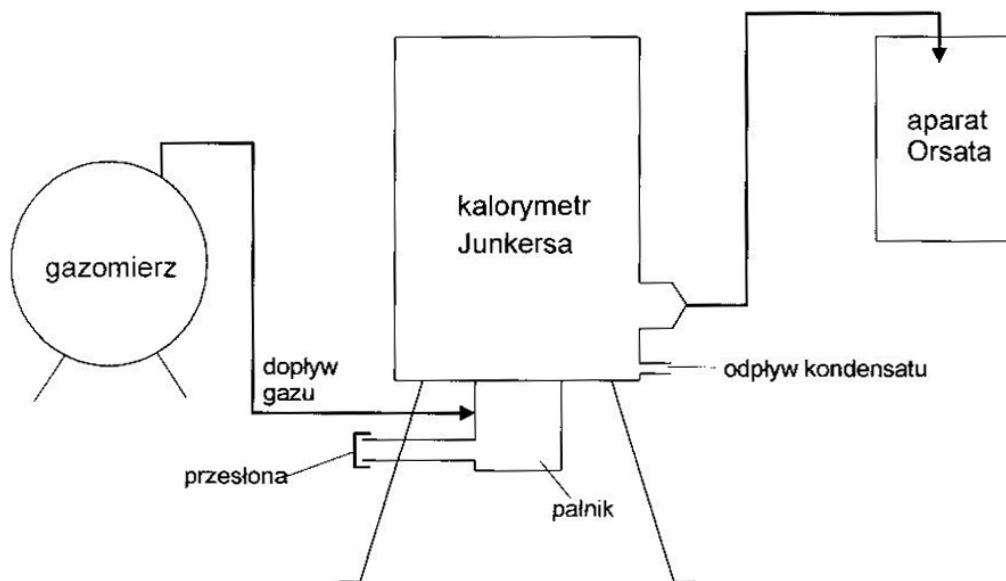
Rys. 1

Uwaga!

W przypadku gdy $CO \neq 0$ podobny wykres nosi nazwę trójkąta Ostwalda.

30.2 Opis doświadczenia

Do zrealizowania ćwiczenia wykorzystujemy kalorymetr Junkersa, który używa się do wyznaczenia ciepła spalania (wartości opałowej) paliwa gazowego. Schemat stanowiska pomiarowego przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Schemat stanowiska pomiarowego

Pomimo tego, że celem głównym ćwiczenia jest wyznaczenie linii zupełnego spalania, to ze względu na użycie kalorymetru Junkersa wyznaczymy przy okazji ciepło spalania i wartość opałową.

a)

W pierwszej fazie określimy ciepło spalania (wartość opałową). W tym celu mierzymy strumień objętości $\dot{V} [m^3/s]$ gazu przepływającego przez gazomierz. Następnie przy pomocy dużej menzurki i stopera mierzymy strumień wody chłodzącej \dot{m}_w przepływającej przez kalorymetr Junkersa oraz jej temperaturę na wlocie t_{w1} i wylocie t_{w2} . Również przy pomocy menzurki i stopera dokonujemy pomiaru strumienia masy skroplin \dot{m}_{sk} .

Po zmierzeniu wymienionych wielkości przybliżoną wartość ciepła spalania obliczamy ze wzoru:

$$Q_c = \frac{m_w \cdot c_w \cdot (t_{w_2} - t_{w_1})}{\dot{V}_g}$$

a wartość opałową ze wzoru:

$$W_d = Q_c - r \cdot \frac{\dot{m}_{sk}}{\dot{V}_g}$$

$r = 2300 \text{ kJ/kg}$ (ciepło parowania w temperaturze otoczenia)

b)

W drugiej fazie wyznaczamy linię zupełnego spalania w następujący sposób:

Regulujemy proces spalania w Junkersie tak, aby uzyskać możliwie największą wartość CO_2 w spalinach suchych (mierzymy to aparatem Orsata). Dla tych warunków wyznaczamy wartość O_2 przy pomocy czujnika zawartości tlenu. Wyznaczone w ten sposób udziały objętościowe CO_2 i O_2 w spalinach suchych tworzą współrzędne punktu na wykresie $\text{CO}_2 - \text{O}_2$.

Następne punkty (stany) na wykresie uzyskuje się poprzez regulowanie dopływu powietrza do palnika (przy użyciu przesłony i nawiewu).

30.3 Opracowanie wyników

1. Obliczyć ciepło spalania i wartość opałową mierzonego gazu.
2. Narysować linię zupełnego spalania aproksymując dane pomiarowe

Uwaga!

Punkt o współrzędnych ($\text{CO}_2 = 0$, $\text{O}_2 = 21\%$) jest punktem początkowym linii.

3. Nanieść na wykres uzyskaną w wyniku aproksymacji linię spalania, aż do przecięcia się z osią CO_2 – wyznaczyć $\text{CO}_{2\text{max}}$

30.4 Pytania sprawdzające

1. Co jest większe ciepło spalania czy wartość opałowa. Odpowiedź uzasadnić.
2. Czym charakteryzuje się spalanie zupełne, niezupełne, całkowite, niecałkowite.
3. Co to jest kontrakcja (rodzaje, jak ją się oblicza)
4. Jak wykorzystuje się trójkąt Ostwalda?
5. Obliczyć skład spalin suchych przy spalaniu zupełnym ($\lambda = 1$) 1 kmol H_2 .
6. Obliczyć $\text{CO}_{2\text{max}}$ przy spalaniu czystego węgla w tlenie.
7. Obliczyć $\text{CO}_{2\text{max}}$ przy spalaniu czystego węgla w powietrzu suchym.