

13

WYZNACZENIE CIEPŁA SPALANIA I WARTOŚCI OPAŁOWEJ PALIWA GAZOWEGO



Opracował : dr hab. inż. Agnieszka Wróblewska

I. Cel:

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z aparaturą do wyznaczenia ciepła spalania paliwa gazowego oraz poprawne wykonanie ćwiczenia.

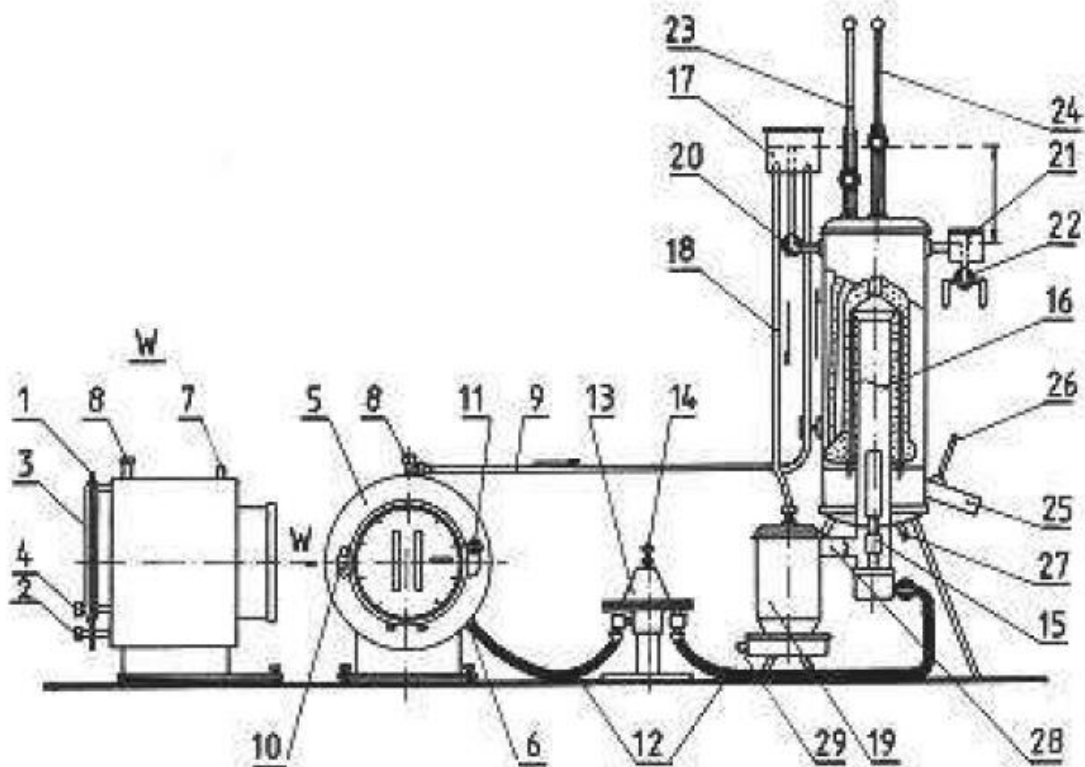
II. Zadania:

1. Wyznaczyć ciepło spalania i wartość opałową gazu miejskiego przy użyciu kalorymetru przepływowego typu Junkers.
2. Obliczyć błąd wyznaczenia ciepła spalania gazu.

III. Sprawozdanie powinno zawierać:

1. Wyniki pomiarów
2. Obliczenia
3. Spis użytych przyrządów z podaniem zakresu pomiarowego
4. Omówienie warunków pomiarowych – wyjaśnić ich znaczenie dla poprawności wykonania ćwiczenia

IV. Budowa stanowiska



- 1 – chłodnica gazu;
- 2 – dopływ gazu;
- 3 – płaszcz wodny chłodnicy;
- 4 - dopływ wody chłodzącej do płaszcza wodnego chłodnicy;
- 5 – gazomierz laboratoryjny mokry 5 l o dokładności odczytu 5 ml;
- 6 – wlot gazu z gazomierza;
- 7 – wlew wody do gazomierza (napełnianie gazomierza);
- 8 – odpływ wody chłodzącej z chłodnicy do kalorymetru;
- 9 – przewód wody chłodzącej;
- 10 – regulator poziomu wody w gazomierzu;
- 11 – poziomnica;
- 12 – przewód gazowy;
- 13 – regulator ciśnienia gazu;
- 14 – śruba regulacyjna regulatora ciśnienia gazu;
- 15 – palnik z kompletem wymiennych dysz;
- 16 – wymiennik ciepła;
- 17 – zbiornik wody;
- 18 – przewód wody do nawilżacza;
- 19 – nawilżacz powietrza;
- 20 – zawór regulacyjny wody (kurek trójdrożny);
- 21 – zbiornik wypływowy wody;

- 22 - kurek trójdrożny;
- 23 – termometr do pomiaru temperatury wody wpływającej do kalorymetru;
- 24 – termometr do pomiaru temperatury wody wypływającej z kalorymetru;
- 25 – wylot spalin;
- 26 – termometr do pomiaru temperatury spalin;
- 27 – rurka do odpływu wody skroplonej przy oziębianiu spalin;
- 28 – króciec przyłączeniowy wlotu powietrza do palnika;
- 29 – odpływ wody z nawilżacza.

V. Przebieg ćwiczenia

1. Zainstalować termometry na kalorymetrze i gazomierzu oraz U-rurkę na gazomierzu.
2. Sprawdzić poziom wody w gazomierzu oraz poziom ustawienia gazomierza.
3. Podłączyć układ pomiarowy do instalacji wodnej i gazowej.
4. Zważyć naczynie do wody chłodzącej (z dokładnością do 1g) i skroplin (z dokładnością do 0,1g)
5. Uruchomić obieg wody chłodzącej.
6. Zapalić palnik Bunsena, wyregulować dopływ powietrza do palnika (płomień powinien być niebieski) wsunąć palnik do komory spalania kalorymetru (umocować na zaczepach).
7. Strumień masy wody chłodzącej wyregulować tak, aby przyrost temperatury wody pomiędzy dopływem i wypływem z kalorymetru był w granicach $10 \div 12^{\circ}\text{C}$.
8. Pomiary można przeprowadzić po ustaleniu się równowagi cieplnej kalorymetru. Okres pomiaru rozpoczyna się z chwilą przestawienia kurka dwudrogowego na wpływ wody chłodzącej do przygotowanego naczynia. Przestawienie kurka musi być zsynchronizowane z przejściem wskazówki gazomierza przez działkę oznaczającą całkowitą ilość litrów.
9. Odczyty temperatury wody na dopływie i wypływie z kalorymetru, temperatury spalin, temperatury i ciśnienia gazu prowadzi przez okres spalania 10 dm^3 gazu wg wskazań gazomierza. Odczyty dokonywać co

2 dm³. W momencie wskazania przez gazomierz spalania 10 dm³ gazu przestawić kurek dwudrogowy wody na odpływ do kanalizacji. W celu zmniejszenia błędu pomiaru masy skroplin pomiar przedłużyć na polecenie pracownika o dodatkowy okres, maksymalnie o 30 dm³ gazu.

10. Po zakończeniu pomiarów wyłączyć dopływ gazu, a następnie wody.
11. Zważyć masę wody chłodzącej z dokładnością do 1g oraz masę skroplin z dokładnością do 0,1g.
12. Wyniki pomiarów należy przedstawić prowadzącemu ćwiczenie do zatwierdzenia.

VI. Dodatki

Ciśnienie pary wodnej nasyconej p_s w zależności od temperatury gazu t_g

t_g [°C]	p_s [Pa]
10	1227,1
11	1311,8
12	1401,5
13	1496,7
14	1597,1
15	1701,1
16	1817,0
17	1936,0
18	2063,0
19	2196,0
20	2337,0
21	2486,0
22	2642,0
23	2808,0
24	2982,0
25	3166,0
26	3360,0
27	3563,0
28	3779,0
29	4004,0
30	4242,0

Stosowane wzory do obliczenia ciepła spalania i wartości opałowej paliwa gazowego

Zależność na obliczenie ciepła spalania paliwa gazowego wynika z analizy równań bilansu energii układu kalorymetru.

Ciepło spalania paliwa gazowego oblicza się wg wzoru:

$$H_s^r = \frac{m_w \cdot c_w \cdot (t_2 - t_1)}{V_u} \quad [\text{kJ}/\text{um}^3]$$

gdzie:

H_s^r – ciepło spalania paliwa gazowego [kJ/um^3]

m_w – masa wody chłodzącej [kg]

c_w – ciepło właściwe wody dla średniej temperatury wody przepływającej przez kalorymetr przyjąć równe $4,187 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

t_1, t_2 – temperatura wody na dopływie i wypływie z kalorymetru [$^{\circ}\text{C}$]

V_u – objętość spalonego gazu suchego przeliczona na warunki umowne [um^3]

Zmierzoną objętość gazu należy przeliczyć na objętość gazu suchego, odniesioną do warunków umownych wg wzoru:

$$V_u = V \cdot \frac{p_g \cdot T_u}{p_u \cdot T_g} \quad [\text{um}^3]$$

Ciśnienie absolutne gazu suchego wylicza się z prawa Daltona:

$$p_g = p_b + \Delta p - p_s \quad [\text{Pa}]$$

gdzie:

V – objętość spalonego gazu w czasie pomiarów [m^3]

p_b – ciśnienie barometryczne [Pa]

Δp – nadciśnienie gazu za gazomierzem [Pa]

p_s – ciśnienie pary nasyconej odpowiadające temperaturze gazu t_g , które należy odczytać z załączonej tablicy $p_s = f(t_g)$

Parametry umowne:

$T_u = 288,15 \text{ K}$,

$p_u = 1013 \text{ hPa}$

Wartość opałowa paliwa gazowego oblicza się wg wzoru:

$$H_i^r = H_s^r - r \cdot w = H_s^r - 2466 \cdot \frac{m_k}{V_{u,k}} \quad [\text{kJ}/\text{um}^3]$$

gdzie:

w – ilość wykroplonej pary wodnej z powietrza doprowadzonego do palnika i z gazu w czasie pomiarów przy wyznaczeniu m_k

r – ciepło parowania wody równe $2466 \text{ kJ}/\text{um}^3$ w temperaturze $t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

$V_{u,k}$ – objętość spalonego gazu suchego przeliczona na warunki umowne podczas pomiaru masy skroplin

m_k – masa skroplin

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Instytut Energetyki Ciepłej

ite.put.poznan.pl

Wyznaczenie ciepła spalania i wartości opałowej paliwa gazowego

Nazwisko i imię		Rok akademicki	
		Wydział	
		Grupa	
Data wykonania ćwiczenia	Data zaliczenia	Ocena sprawdzianu	Ocena ćwiczenia

Lp	Wyszczególnienie	Symbol	Jednostka	Pomiar
1.	Ciśnienie barometryczne	p_{ot}	hPa	
2.	Temperatura otoczenia	t_{ot}	°C	
3.	Objętość spalonego gazu	V	m^3	
4.	Średnia temperatura gazu	t_g	°C	
5.	Średnie nadciśnienie gazu	Δp	Pa	
6.	Kalorymetr:			
	- średnia temperatura wody – wypływ	t_2	°C	
	- średnia temperatura wody – dopływ	t_1	°C	
	- przyrost temperatury wody	Δt	°C, K	
	- masa wody chłodzącej zebrana w naczyniach w czasie spalania V_g	m_w	kg	
	- średnia temperatura spalin	t_{sp}	°C	
7.	Masa zebranych kropli	m_k	kg	
8.	Ciśnienie nasycenia pary wodnej w temperaturze t_g	p_s	Pa	
9.	Ciśnienie absolutne gazu	p_g	Pa	
10.	Objętość spalonego gazu w warunkach umownych	$V_{g,u}$	m^3_u	
11.	Objętość gazu spalona dla wyznaczenia masy kropli w warunkach umownych	$V_{g,k}$	m^3_u	
12.	Ciepło właściwe wody	c_w	kJ/kgK	
13.	Ciepło spalania gazu	H_s	kJ/ m^3_u	
14.	Wartość opałowa gazu	H_i	kJ/ m^3_u	

Rodzaj gazu: Ls (GZ-35), E (GZ-50)*

* niepotrzebne skreślić

Wyniki pomiarów:

Lp.	Temperatura wody na dopływie t_1	Temperatura wody na wypływie t_2	Temperatura spalin t_{sp}	Temperatura gazu t_g	Nadciśnienie gazu Δp
	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	mmH ₂ O
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
Śr.					

Początkowy stan licznika	Końcowy stan licznika	Objętość spalonego gazu V [m ³]
Początkowy stan licznika	Końcowy stan licznika	Objętość gazu spalona dla wyznaczenia masy skroplin V_k [m ³]

Masa wody		Masa skroplin	
Masa naczynia 1 □ tara [g]		Masa naczynia [g]	
Masa naczynia 1 z wodą – brutto [g]		Masa naczynia ze skroplinami [g]	
Masa wody w naczyniu 1 [g]		Masa skroplin [g]	
Masa naczynia 2 – tara [g]			
Masa naczynia 2 z wodą – brutto [g]			
Masa wody w naczyniu 2 [g]			
Masa wody z naczynia 1 i 2 [g]			

Wnioski:

