



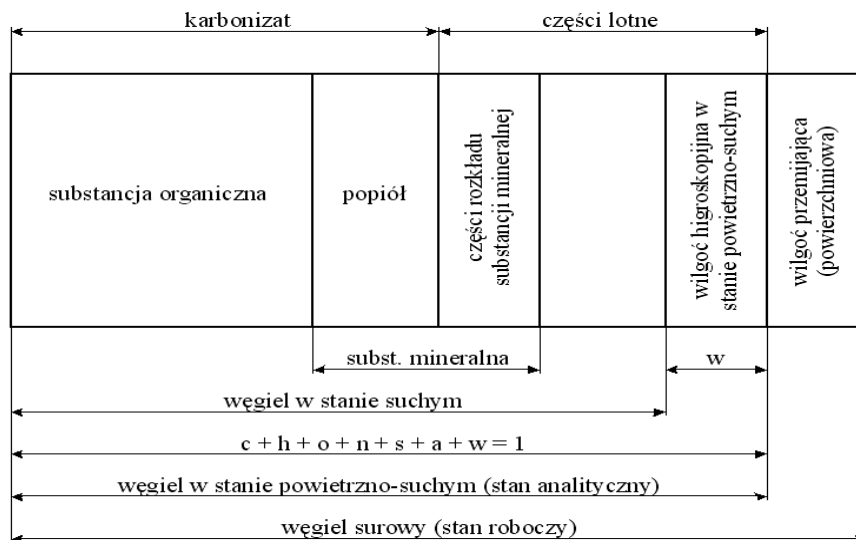
## Spalanie paliw stałych

### 1. Wprowadzenie

#### 1.1. Skład węgla

Węgiel składa się z **substancji organicznej**, **substancji mineralnej** i **wody** (wilgoci). Substancja mineralna i wilgoć stanowią bezużyteczny balast. Udział tych głównych składników węgla zmienia się w szerokim zakresie, zależnie od typu węgla, warunków hydrogeologicznych i innych czynników. **Substancja organiczna** (palna) zbudowana jest głównie z pierwiastków: C, H, O, S, N i P. Udział innych pierwiastków jest śladowy.

Standardowo węgiel charakteryzuje się na podstawie **analizy technicznej** lub **analizy elementarnej**. Podczas analizy technicznej oznacza się udziały: wilgoci  $W$ , popiołu  $A$  i części lotnych w węglu  $V$ , a ponadto oznacza się: ciepło spalania  $Q_s$  i wylicza wartość opałową  $Q_i$ . Analiza elementarna obejmuje określenie zawartości pierwiastków C, H, O, S, N, P i innych w węglu.



Rys. 1. Skład węgla

#### 1.2. Spalanie cząstki węgla

Po dostaniu się cząstki węglowej do płomienia najpierw następuje jej nagrzanie, a następnie spalanie. Okresy nagrzewania i spalania dzieli moment zapłonu części lotnych. Okres spalania cząstki węgla można podzielić na dwa etapy: – wydzielanie i spalanie części lotnych, – spalanie pozostałości koksowej.

Długość poszczególnych faz zależy od rozmiaru cząstki, warunków spalania i właściwości węgla (skład strukturalny).

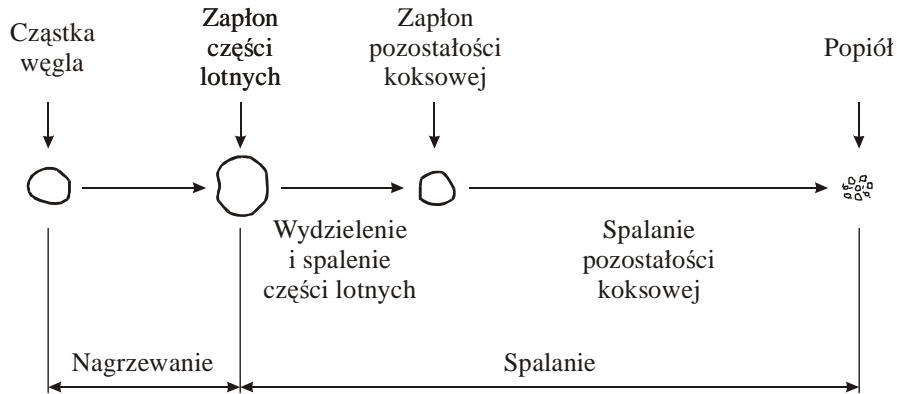
Procesy zachodzące podczas spalania pojedynczej cząstki węglowej, które można podzielić na fizyczne i chemiczne. Do najważniejszych procesów fizycznych należą:

- parowanie wody (suszenie),
- pęcznienie (dylatacja) cząstek węglowych,
- powstawanie porowatej struktury karbonizatu,
- przemiany fizyczne substancji mineralnej.

# LABORATORIUM SPALANIA I PALIW

Do najważniejszych procesów chemicznych należą:

- piroliza węgla,
- spalanie części lotnych,
- spalanie pozostałości koksowej,
- przemiany chemiczne substancji mineralnej.

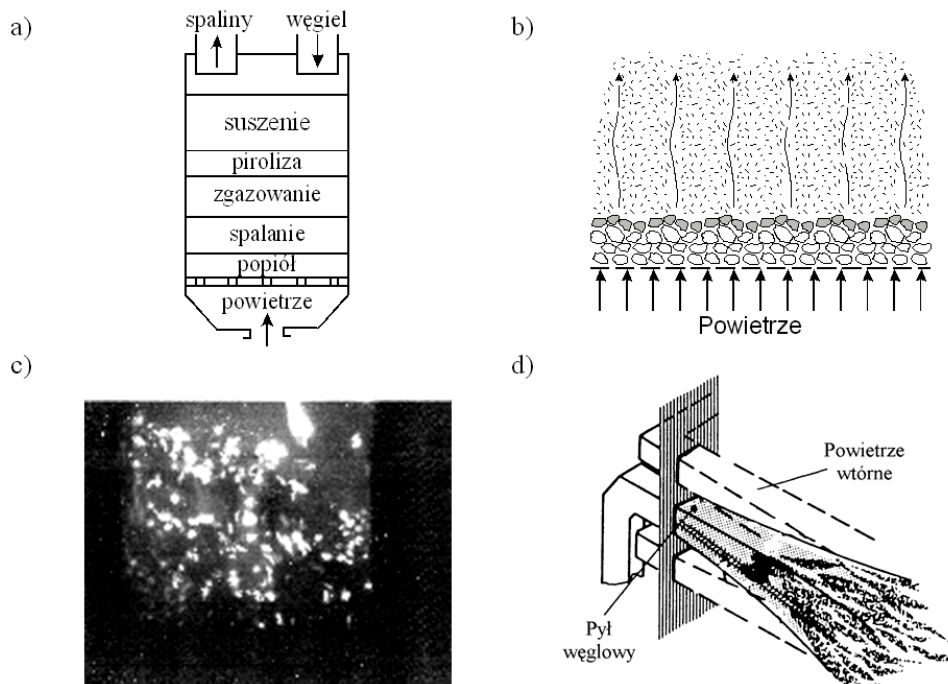


Rys. 2. Fazy spalania cząstki węgla w płomieniu

## 1.3. Sposoby spalania węgla

Najczęściej spotykane w energetyce sposoby organizacji spalania węgla to:

- w płomieniu pyłowym •
- w złożu fluidalnym
  - pęcherzykowym (< 25 mm),
  - cyrkulującym (< 6 mm),
- w palenisku rusztowym
  - z rusztem stałym
  - z rusztem ruchomym



Rys. 3. Ważniejsze sposoby organizacji spalania węgla:

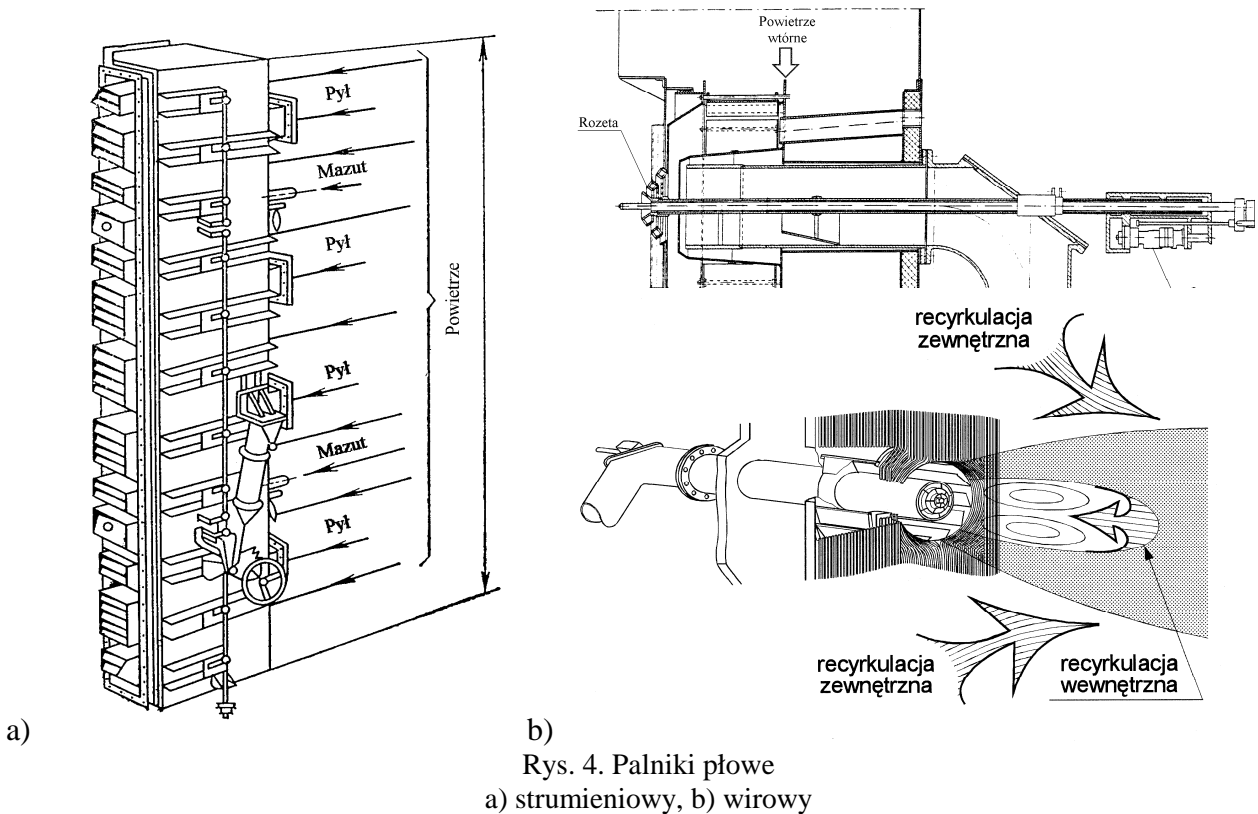
a) w złożu stałym, b) na ruszcie ruchomym, c) w złożu fluidalnym, d) w płomieniu pyłowym

# LABORATORIUM SPALANIA I PALIW

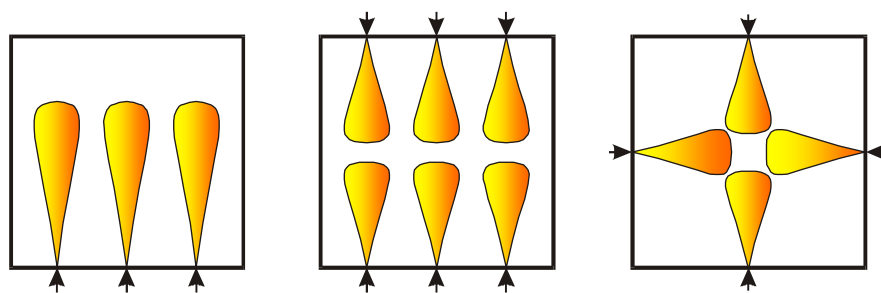
## 1.4. Palniki pyłowe

Ze względu na konstrukcję i przepływ mieszanki pyłowo-powietrznej można wyróżnić (rys 4.):

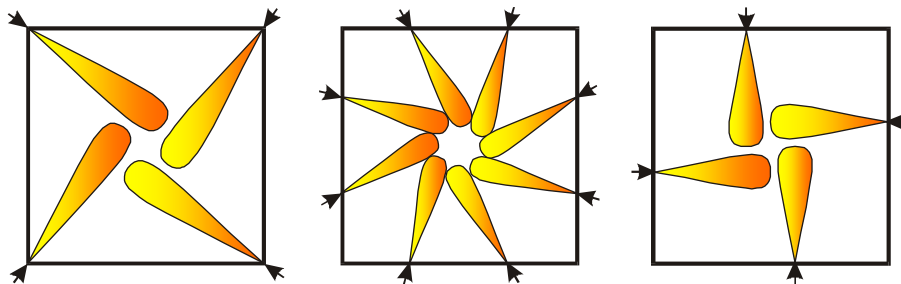
- palniki strumieniowe**, przeznaczone do spalania tzw. *chudych* węgla kamiennych o niskiej zawartości części lotnych (<20%) oraz do spalania węgla o dużej zawartości części lotnych (węgle brunatne i młode węgle kamienne), palniki te montuje się **tangencjalnie**;
- palniki wirowe**, przeznaczone do spalania tzw. *tłustych* węgla kamiennych o zawartości części lotnych 17÷40%, palniki te montowane są w palenisku **naściennie**.



Rys. 4. Palniki pyłowe  
a) strumieniowy, b) wirowy



Rys 5. Przykłady naściennego rozmieszczenia palników



Rys 6. Przykłady tangencjalnego rozmieszczenia palników

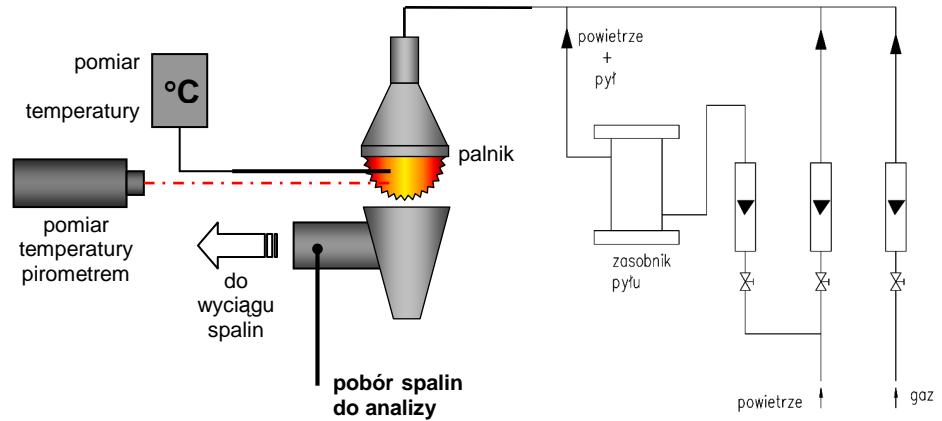
# LABORATORIUM SPALANIA I PALIW

## 2. Cel ćwiczenia

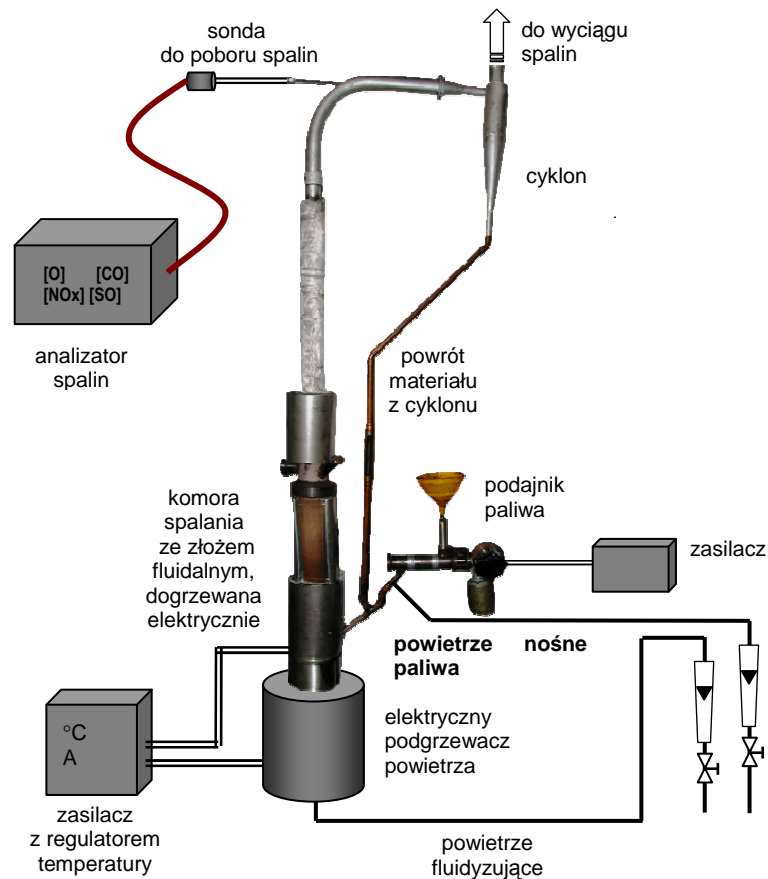
Celem ćwiczenia są: zapoznanie się ze zjawiskiem spalania paliw stałych, obserwacja działania palnika pyłowego i pomiar temperatur płomienia, pomiar emisji zanieczyszczeń podczas spalania pyłu w piecu opadowym, obserwacja działania paleniska fluidalnego.

## 3. Schematy stanowisk

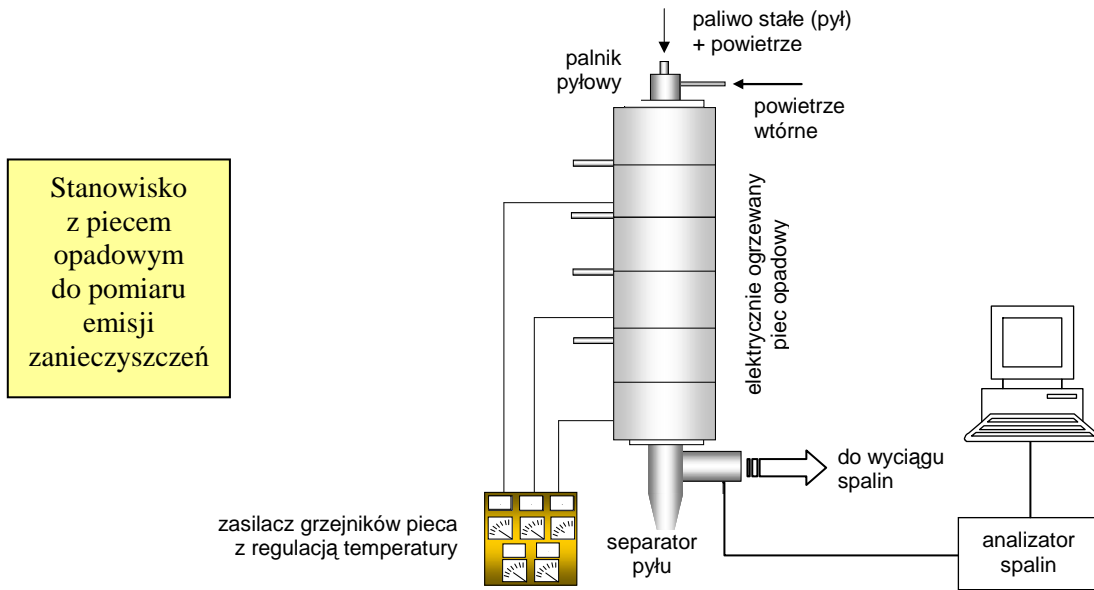
Stanowisko do obserwacji płomienia pyłowego i pomiaru temperatury



Stanowisko do obserwacji spalania w złożu fluidalnym



# LABORATORIUM SPALANIA I PALIW



**Uwaga! Schematów z instrukcji nie wolno wykorzystywać w sprawozdaniach!**

## 4. Przebieg ćwiczenia

W trakcie pierwszej części ćwiczenia zapoznaje się z budową i działaniem demonstracyjnego palnika pyłowego oraz obserwuje się wytwarzany przezeń płomień. Wykonuje się pomiar temperatury płomienia pyłowego przy użyciu termopary oraz dwubarwowego pirometru optycznego i porównuje ich wyniki. Można także dokonać pomiaru składu spalin, przy użyciu analizatora. Proces spalania reguluje się zmieniając ilości dostarczanego do palnika pyłu i powietrza. Palnik dodatkowo zasilany jest gazem celem stabilizacji płomienia pyłowego.

W części drugiej zapoznaje się z budową i obserwuje się działanie doświadczalnego paleniska fluidalnego. Określa się wpływ ilości i rodzaju podawanego paliwa oraz przepływu powietrza fluidyzującego na zachowanie się złoża i przebieg procesu spalania. Można dokonać analizy składu spalin przy użyciu analizatora.

W trzeciej części ćwiczenia wykonuje się badanie spalania pyłu (węglowego lub biomasy) w elektrycznie ogrzewanym piecu opadowym. Stopniowo zmienia się ilość pyłu i powietrza dostarczanego do spalania celem uzyskania różnych parametrów spalania.

Przy użyciu analizatora sprzężonego z komputerem bada się skład spalin pod kątem zawartości tlenu i zanieczyszczeń (CO, NO).

## 5. Sposób opracowania wyników

### 5.1. Wyznaczenie współczynnika nadmiaru powietrza $\lambda$

$$\lambda = \frac{21}{21 - O_2}$$

gdzie:  $\lambda$  – współczynnik nadmiaru powietrza  
21 – zawartość tlenu w powietrzu (procent)  
 $O_2$  – zawartość tlenu w spalinach (procent)

# LABORATORIUM SPALANIA I PALIW

5.2. Przeliczenie poziomu zanieczyszczeń na odniesiony do stałej zawartości tlenu 6%

$$CO^{6\%} = CO^{zm} \cdot \frac{21-6}{21-O_2}$$

$$NO^{6\%} = NO^{zm} \cdot \frac{21-6}{21-O_2}$$

gdzie: **CO<sup>6%</sup>** – przeliczona zawartość CO w spalinach (ppm)  
**NO<sup>6%</sup>** – przeliczona zawartość NO w spalinach (ppm)  
CO – zmierzona zawartość CO w spalinach (ppm)  
NO – zmierzona zawartość NO w spalinach (ppm)  
21 – zawartość tlenu w powietrzu (procent)  
6 – referencyjna zawartość tlenu w spalinach (procent)  
O<sub>2</sub> – zawartość tlenu w spalinach (procent)

5.3. Wykonanie wykresów

W sprawozdaniu należy wykonać wykresy zależności emisji zanieczyszczeń przeliczonych na 6% udział tlenu w spalinach (CO<sup>6%</sup> oraz NO<sup>6%</sup>) od współczynnika nadmiaru powietrza (λ).

## 6. Zestawienie mierzonych wartości

nr pomiaru	strumień paliwa	strumień powietrza	skład spalin		
			O <sub>2</sub>	CO	NO
-	g/s	ℓ/h	%	ppm	ppm
1					
2					
3					
...					