

## Struktura płomienia olejowego

### 1. Wprowadzenie

#### 1.1. Spalanie kropeł paliwa

Spalanie paliw ciekłych w większości zastosowań polega na ich rozpyleniu i spalaniu zbioru kropeł, stąd ważny jest mechanizm spalania pojedynczej kropli.

W procesie spalania paliw ciekłych należy wyróżnić dwie fazy: odparowania, a następnie spalania par. Dlatego na szybkość spalania paliw ciekłych dominujący wpływ mają następujące czynniki:

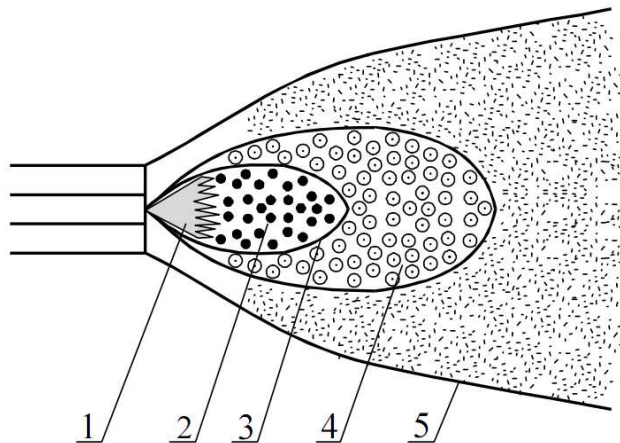
- parowanie cieczy,
- mieszanie par z utleniaczem,
- kinetyka chemiczna reagowania paliwa z tlenem.

Szybkość parowania cieczy zależy przede wszystkim od strumienia ciepła dopływającego  $q$  do paliwa ciekłego, dlatego w kwasi-ustalonych warunkach wrzenia szybkość parowania  $m_p$  można określić jako  $m_p = q/L_p$ , gdzie  $L_p$  jest ciepłem parowania.

Dwa pozostałe czynniki – szybkość mieszania i kinetyka chemiczna – mają podobny wpływ na szybkość spalania, jak dla paliw gazowych.

Spalanie kropeł ciężkiego oleju jest bardziej złożone niż oleju lekkiego, ponieważ rozmiary kropeł są większe, nagrzewanie jest bardziej nierównomierne, a ponadto następuje termiczny rozkład paliwa. Najpierw z wierzchnich warstw kropli parują lekkie frakcje oleju, które spalają się płomieniu wokół kropli. Następnie ulegają krakingowi ciężkie frakcje oleju, a produkty pirolizy zasilają płomień. Pozostałość koksowa, która zawiera przede wszystkim węgiel, wymaga znacznie większego czasu do spalania niż spalanie par, dlatego determinuje długość płomienia. Umownie spalanie kropeł ciężkiego oleju można podzielić na cztery etapy:

- czas indukcji zapłonu – zakończony zapłonem lekkich frakcji,
- spalanie – parowanie, kraking ciężkich frakcji oleju, formowanie się powłoki koksowej,
- mikroeksplozja – rozerwanie powłoki koksowej,
- dopalanie cząstek koksulejowego.



Rys.1. Struktura płomienia rozpylonego oleju  
1 – struga rozpylonej cieczy, 2 – strefa parowania, 3 – strefa zapłonu,  
4 – strefa spalania indywidualnego kropeł, 5 – granice płomienia

# LABORATORIUM SPALANIA I PALIW

## 1.2. Rozpylanie paliw ciekłych

Paliwa ciekłe spala się w postaci rozpylonej, ponieważ rozdrobnienie na krople zapewnia dużą intensywność parowania cieczy. Z tego powodu rozpylanie ma bardzo ważne znaczenie dla jakości spalania paliw ciekłych.

Istota rozpylania cieczy w strudze polega na pokonaniu napięcia powierzchniowego cieczy przez siły zewnętrzne lub wewnętrzne:

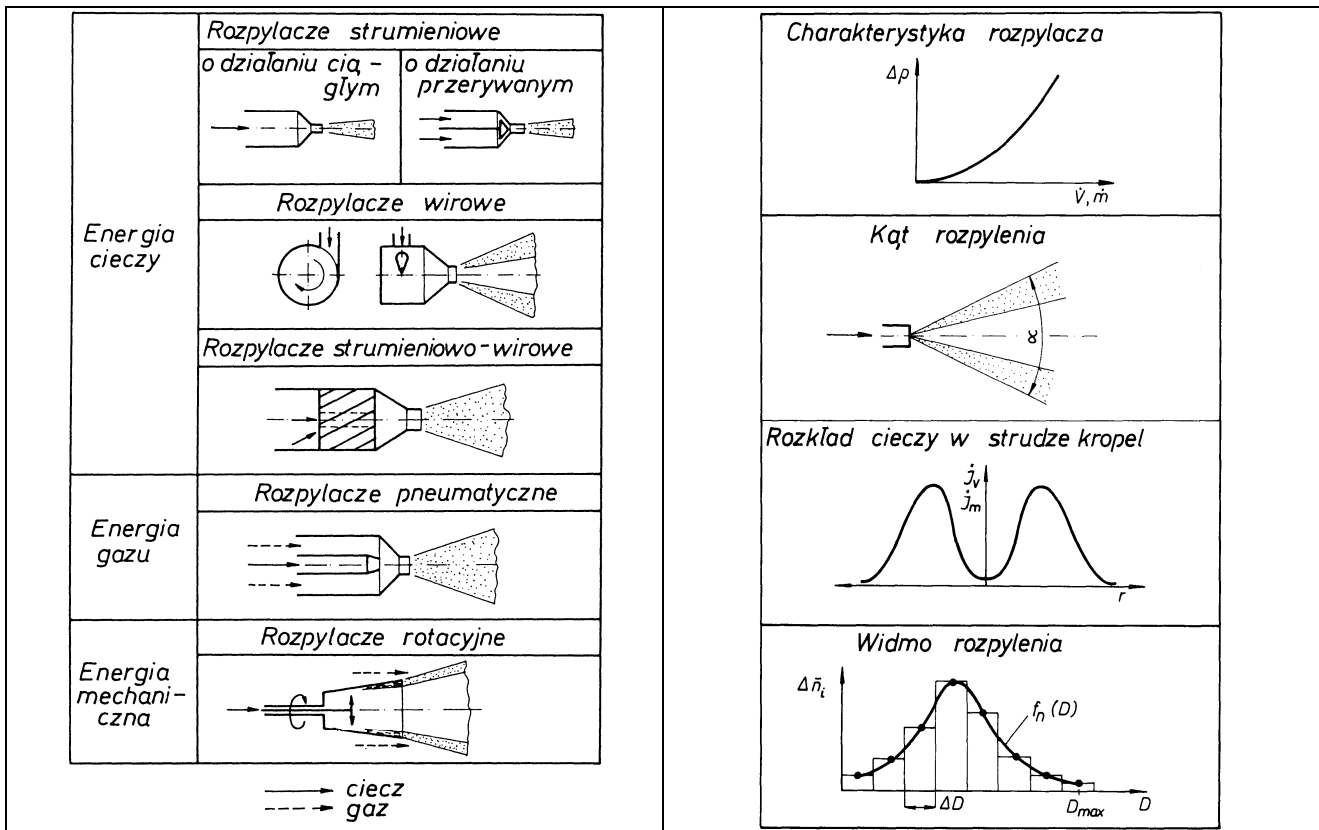
- naprężenia styczne na powierzchni strugi, wywołane różnicą prędkości między cieczą a powietrzem, które destabilizuje strugę, wywołując jej rozkład,
- siły odśrodkowe ruchu wirowego strugi, siły wywołane wzrostem ciśnienia w kropli na skutek parowania w jej wnętrzu,
- zewnętrzne siły mechaniczne, elektrostatyczne i ultradźwięków.

Na rysunku 2. przedstawiono schematycznie rozpylacze należące do wymienionych grup. W praktyce największe zastosowanie znalazły dwa pierwsze z wymienionych typów rozpylaczy.

Rozpylacz cieczy scharakteryzowany jest przez kilka parametrów, wśród których do najważniejszych należą (rys. 3.):

- wydajność,
- kąt rozpylania,
- rozłożenie kropeł,
- jakość rozpylania.

Jakość rozpylania ma zasadnicze znaczenia dla jakości oraz efektywności procesu spalania rozpylonych paliw ciekłych. W warunkach technicznych gorszemu rozpyleniu paliwa towarzyszy m.in. gorsze wypalenie objawiające się zwiększoną emisją CO oraz sadzy.



Rys. 1. Klasyfikacja rozpylaczy

Rys. 2. Wybrane parametry rozpylaczy

# LABORATORIUM SPALANIA I PALIW

## 2. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się ze zjawiskiem spalania paliw ciekłych, obserwacja działania palnika olejowego i struktury wytwarzanego płomienia. Dodatkowo należy wykonać pomiary temperatur oraz emisji zanieczyszczeń (tlenku węgla, tlenków azotu i sadzy) podczas spalania oleju opałowego.

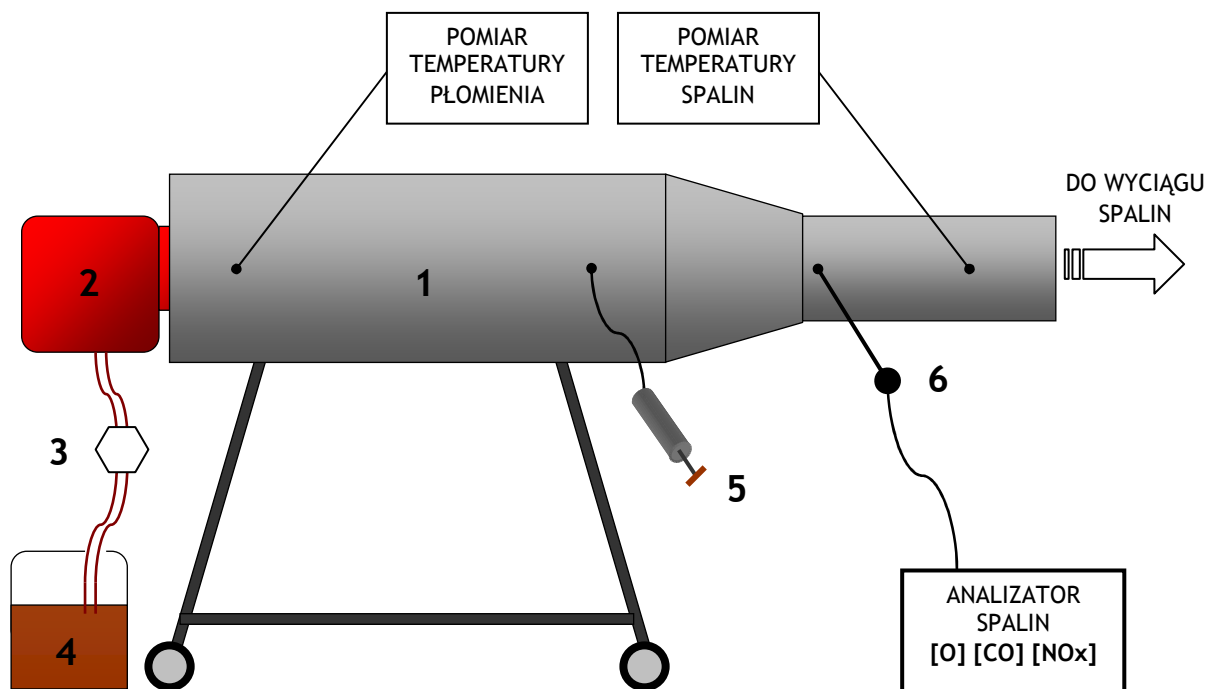
## 3. Przebieg ćwiczenia

W trakcie trwania ćwiczenia zapoznaje się z budową i działaniem palnika olejowego oraz obserwuje się wytwarzany przezeń płomień.

Następnie wykonuje się badania płomienia olejowego stopniowo zmieniając ilość powietrza dostarczanego do spalania (a co za tym idzie wartość współczynnika nadmiaru powietrza  $\lambda$ ).

Przy użyciu analizatora bada się skład spalin pod kątem zawartości tlenu i zanieczyszczeń (CO, NO<sub>x</sub>). Jednocześnie mierzy się zawartość sadzy metodą Bacharacha (pomiar na podstawie zaczerwienienia filtra papierowego). Wykonuje się też pomiar temperatury płomienia i spalin z wykorzystaniem termopar.

## 4. Schemat stanowiska



- |                    |  |
|--------------------|--|
| 1. Komora spalania | 4. Zbiornik oleju                        |
| 2. Palnik olejowy  | 5. Pomiar ilości sadzy metodą Bacharacha |
| 3. Filtr oleju     | 6. Sonda analizatora spalin              |

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

# LABORATORIUM SPALANIA I PALIW

## 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)

5.2. Przeliczenie poziomu zanieczyszczeń na odniesiony do stałej zawartości tlenu 3%

$$CO^{3\%} = CO^{zm} \cdot \frac{21-3}{21-O_2}$$

$$NO_x^{3\%} = NO_x^{zm} \cdot \frac{21-3}{21-O_2}$$

gdzie:  $CO^{3\%}$  – przeliczona zawartość CO w spalinach (ppm)  
 $NO_x^{3\%}$  – przeliczona zawartość  $NO_x$  w spalinach (ppm)  
CO – zmierzona zawartość CO w spalinach (ppm)  
 $NO_x$  – zmierzona zawartość  $NO_x$  w spalinach (ppm)  
21 – zawartość tlenu w powietrzu (procent)  
3 – referencyjna zawartość tlenu w spalinach (procent)  
 $O_2$  – zawartość tlenu w spalinach (procent)

5.3. Wykonanie wykresów

W sprawozdaniu należy wykonać wykresy zależności: emisji zanieczyszczeń przeliczonych na 3% udziału tlenu w spalinach ( $CO^{3\%}$  oraz  $NO_x^{3\%}$ ), zawartości sadzy (S), oraz temperatury płomienia i spalin ( $t_p$  i  $t_s$ ), od współczynnika nadmiaru powietrza ( $\lambda$ ).

## 6. Zestawienie mierzonych wartości

numer pomiaru	temperatura		skład spalin			ilość sadzy S
	płomienia $t_p$	spalin $t_s$	$O_2$	CO	$NO_x$	
-	°C		%	ppm	ppm	°B
1						
2						
...						