

Władysław GAJEWSKI

Wojciech NOWAK

Instytut Maszyn Ciepłych  
Politechniki Częstochowskiej

#### FLUIDALNE SPALANIE ZIAREN WĘGLA

**Streszczenie.** Praca stanowi podsumowanie dotychczasowych prac Zakładu Kociołów i Termodynamiki Politechniki Częstochowskiej z zakresu mechanizmu i kinetyki spalania pojedynczych ziaren węgla w warstwie fluidalnej. Na podstawie badań doświadczalnych stwierdzono, że ziarno węgla wypala się przy dominującej roli dyfuzji tlenu do jego powierzchni. Zwrócono uwagę na proces termicznego rozpadu ziaren, a także wpływ sposobu zasilania na intensywność wypalania. Przedstawiono również modele matematyczne spalania uwzględniające charakter ruchu pojedynczych ziaren węgla w objętości warstwy fluidalnej.

#### Wstęp

Wzrastające w coraz szybszym tempie zapotrzebowanie na energię elektryczną i ciepłą oraz ograniczenie możliwości ich podażi zmuszają do poszukiwania nowych, bardziej sprawnych metod wytwarzania energii, z uwzględnieniem konieczności ograniczenia emisji zanieczyszczeń środowiska naturalnego. W rozważaniach należy uwzględnić również zmienną cechę energetyki polskiej, polegającą bez mała na wyłącznym jej oparciu na paliwie stałym, przy dużym udziale w nim węgla niskogatunkowych. Spalanie tych węgla zawierających często obok popiołu i wilgoci znaczną ilość siarki w tradycyjnych paleniskach sprawia oibryzmie trudności, powodując niską dyspozycyjność bloków energetycznych.

Duże nadzieje w usprawnieniu spalania niskogatunkowych paliw stałych rokuje zastosowanie fluidyzacji.

Prace nad fluidalnym spalaniem zostały rozpoczęte w 1950r., jednakże szczególne zainteresowanie nową technologią pojawiło się w latach siedemdziesiątych.

Technika fluidalnego spalania paliw stałych rozwinęła się w następujących kierunkach:

1. Atmosferyczne paleniska fluidyzacyjne, których wdrożenie umożliwiło: ograniczenie emisji tlenków siarki i azotu, utylizację paliw niskogatunkowych, a także zmniejszenie kosztów inwestycyjnych.
2. Ciśnieniowe paleniska fluidyzacyjne, które oprócz zalet spalania przy ciśnieniu atmosferycznym posiadają możliwość współpracy z turbiną gazową, a więc za ich pomocą można budować wysokosprawne siłownie parowo-gazowe.
3. Paleniska fluidyzacyjne z warstwą wysokoprędkościową będące doskonał-

szą wersją klasycznych palenisk fluidyzacyjnych.

Mimo, że na przestrzeni ostatnich lat zgromadzono znaczny materiał doświadczalny i teoretyczny zawierający wszechstronne analizy problemu, przemysłowa eksploatacja kotłów z paleniskami fluidyzacyjnymi napotyka na szereg trudności, które wynikają z niedostatecznego rozpoznania dynamiki warstwy, a także przebiegu procesu spalania. Niniejsza praca stanowi syntetyczne podsumowanie problematyki fluidalnego spalania odosobnionych ziaren węgla, którą od kilku lat zajmuje się Zakład Kotłów i Termodynamiki Politechniki Częstochowskiej.

### 1. Wypalanie ziaren węgla w warstwie fluidalnej

Spalanie ziaren węgla w warstwie fluidalnej jest procesem zdeterminowanym nie tylko złożonością procesów fizyko-chemicznych towarzyszących każdemu procesowi heterogenicznego spalania, lecz także nie spotykanymi w konwencjonalnych paleniskach warunkami przebiegu procesu.

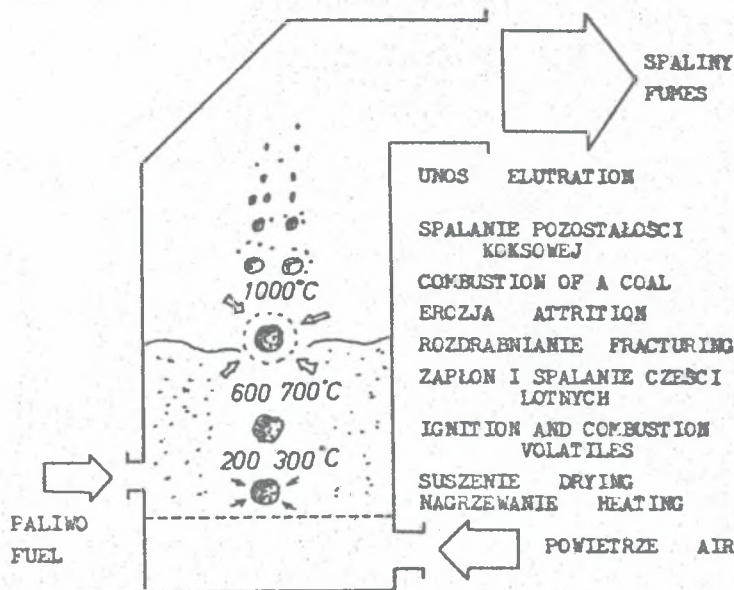
Warunki te wynikają ze specyfiki fluidalnego spalania, a mianowicie:

1. Stochastycznego ruchu ziaren w objętości warstwy fluidalnej i wynikającymi stąd intensywnymi zmianami prędkości względnych, które w zdecydowany sposób oddziałują na procesy przebiegające na powierzchni płonącego ziarna.
2. Zakresem temperatury spalania, który ograniczony jest od góry temperaturą mięknięcia popiołu, od dołu zaś temperaturą spalania. Dla większości gatunków węgla zakres ten wynosi  $750 \pm 950^{\circ}\text{C}$ .
3. Temperatury spalania ziaren węgla, które dla większości węgla nieznacznie różnią się od temperatury warstwy fluidalnej [1].
4. Szerokiego składu frakcyjnego paliwa podawanego do paleniska, który mieści się w przedziale  $0 \pm 10$  mm.
5. Spalanie poszczególnych ziaren, ze względu na ich ruch, przebiega w atmosferze tlenu o zmiennym stężeniu. Tak więc, stężenie tlenu na powierzchni dowolnie wybranego ziarna będzie wielkością losową o określonym rozkładzie statystycznym.
6. Płonące ziarna węgla ulegają erozji przyczyniającej się do "zdzierania" z powierzchni ziarna warstewki popiołu powstającego podczas spalania.

Wymienione warunki kształtują następujący przebieg procesu spalania ziarna węgla, który schematycznie przedstawiono na rys.1.

Ziarno węgla po wprowadzeniu do warstwy fluidalnej dzięki dużym współczynnikom wymiany ciepła ulega szybkiemu nagrzewaniu i przechodzi kolejne stadia procesu spalania: odparowanie wilgoci, odgazowanie i spalanie części lotnych oraz spalanie pozostałości koksowej. Ubytek średnicy ziaren spalających się w warstwie fluidalnej następuje wskutek:

1. Wypalania węgla.
2. Erozji ziarna węgla.
3. Rozpadu ziaren na mniejsze części powodowanego oddziaływaniem termicznym i mechanicznym warstwy fluidalnej.



Rys.1. Fluidalne spalanie ziarna węgla  
Fluidized combustion of a coal particle

Wypalanie ziaren węgla można opisać w oparciu o liczne teorie fluidalnego spalania, np. za pomocą modelu "kurczącego się" rdzenia. Proces erozji może być ujęty w postaci np. równań Massimilla [2]. Największe trudności, ze względu na swoją złożoność, istnieją z procesem rozdrabniania, który nie doczekał się dotąd opisu matematycznego. Pomijając proces rozdrabniania, ubytek średnicy ziarna węgla można przedstawić w postaci :

$$-\left(\frac{dd}{d\tau}\right) = \left(-\frac{dd}{d\tau}\right)_{\text{spal}} + \left(-\frac{dd}{d\tau}\right)_{\text{erozja}} \quad (1)$$

Ubytek średnicy w wyniku wypalania wynosi :

$$\left(-\frac{dd}{d\tau}\right)_{\text{spal}} = \frac{C_{ot}}{\frac{d \rho}{2M_c ShD} + \frac{\rho}{2M_c k}} \quad (2)$$

gdzie :  $C_{ot}$  - stężenie tlenu w otoczeniu ziarna,  
 $d$  - średnica ziarna,  
 $\rho$  - gęstość węgla,  
 $M_c$  - masa molekularna węgla,



- Sh - liczba Sherwooda,  
 D - współczynnik dyfuzji molekularnej,  
 k - stała szybkości spalania.

Natomiast ubytek średnicy w wyniku erozji, przy założeniu idealnego wymieszania gazu w fazie emulsyjnej, można zapisać w postaci :

$$\left( - \frac{dd}{dt} \right)_{\text{erozja}} = k_a (U - U_0) \quad , \quad (3)$$

gdzie :  $U_0$  - krytyczna prędkość fluidyzacji,

$U$  - prędkość gazu,

$k_a$  - stała szybkości erozji.

Przebieg procesu spalania, a zwłaszcza jego początkowe stadium, uzależniony jest w dużym stopniu od sposobu doprowadzania paliwa do paleniska oraz związanej z nim dynamiki warstwy fluidalnej, która zdeterminowana jest wielkością oraz ruchem pęcherzy gazowych.

W przypadku zasilania pneumatycznego strumień węgla i powietrza transportującego wytwarza na wlocie kawernę, która stanowi generator pęcherzy gazowych, wynoszących część tlenu poza strefę reakcji.

Przy zasilaniu na powierzchnię warstwy np. za pomocą narzutników część ziaren zostanie wyniesiona z paleniska bez kontaktu z podstawową masą warstwy powiększając stratę niecałkowitego spalania. Grubsze ziarna opadną na powierzchnię warstwy i będą się w niej spalały. Taki sposób zasilania nie oddziałuje na strukturę warstwy fluidalnej, która w tym przypadku uzależniona jest jedynie od parametrów geometryczno-przepływowych paleniska. Usprawnienia systemu zasilania zmniejszające stratę niecałkowitego spalania można uzyskać przez zwiększenie koncentracji węgla w strumieniu zasilającym lub przez całkowitą eliminację zasilania pneumatycznego. Można to osiągnąć na drodze zasilania kesonowego, w którym węgiel podaje się do komory kesonowej umieszczonej wewnątrz warstwy fluidalnej. Takie zasilanie umożliwia ograniczenie straty niecałkowitego spalania, wydłuża bowiem czas pobytu frakcji najdrobniejszych wypływających z kesonu. Tak więc struktura warstwy i ruch ziaren, a tym samym warunki spalania w palenisku fluidyzacyjnym, w dużym stopniu uzależnione będą od zastosowanego układu zasilania.

Dalszym niezwykle ważnym problemem, który wzbudza szereg kontrowersji jest kinetyka fluidalnego spalania ziaren. Chodzi o ustalenie czy o szybkości procesu spalania odosobnionego ziarna węgla decyduje dyfuzja tlenu do jego powierzchni, czy też kinetyka reakcji chemicznej.

Tematyce tej poświęcili swoje prace Davidson [3], Basu [4], Chakraborty [5], Bryers [6]. Była ona również tematem licznych badań prowadzonych w naszym ośrodku [7,9,15]. Aby stwierdzić czy spalanie odbywa się w obszarze dyfuzyjnym, czy też kinetycznym badany jest zazwyczaj wpływ na bieg procesu kilku zmiennych : prędkości przepływu powietrza, temperatury warstwy fluidalnej, średnicy ziarna.

Spotykane w literaturze metody doświadczalne zmierzają zwykle do ustalenia

zależności szybkości spalania od początkowej średnicy ziarna  $d_0$  w postaci:

$$R \sim d_0^n, \quad [\text{mol/s}], \quad (4)$$

lub czasu spalania :

$$t \sim d_0^n. \quad (5)$$

Dla obszaru dyfuzyjnego spalania zależności 4 i 5 przyjmą postać :

$$\left. \begin{aligned} R_{\text{dyf}} &\sim d_0 \\ t_{\text{dyf}} &\sim d_0^2 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

natomiast dla kinetycznego można je zapisać następująco :

$$\left. \begin{aligned} R_{\text{kin}} &\sim d_0^2 \\ t_{\text{kin}} &\sim d_0 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Wydaje się, że przeciwstawne wnioski odnośnie decydującego etapu spotykane w różnych pracach wynikają ze zbyt pospiesznego zastosowania powyższych zależności, wyprowadzonych dla przypadku spalania pyłu węglowego i małych prędkości opływu ziaren. Pozwoliło to uprościć równanie na szybkość spalania, przez przyjęcie wartości liczby  $Sh = 2$ , lecz jednocześnie oddaliło model procesu od rzeczywistych warunków fluidalnego spalania.

Z analizy dotychczasowych prac wydaje się, że ustalenie kinetyki przebiegu procesu spalania winno być dokonywane w oparciu o eksperymentalną ocenę oddziaływania czynników kinetycznych / głównie temperatury i reakcyjności paliwa / oraz czynników dyfuzyjnych / głównie prędkości gazu /. W wyniku takiej analizy [7] stwierdzono, że spalanie ziaren węgla o średnicy początkowej powyżej 1 mm przebiega przy dominującej roli dyfuzji tlenu do powierzchni ziarna.

Zmiana temperatury, w dopuszczalnym dla palenisk fluidyzacyjnych, zakresie /  $750-950^\circ\text{C}$  /, nie powoduje znaczących zmian w szybkości spalania, natomiast zasadniczy wpływ na intensyfikację fluidalnego spalania mają : średnica ziaren węgla i materiału inertnego, prędkość gazu fluidyzującego oraz koncentracja tlenu w otoczeniu ziarna.

Również w warunkach podwyższonego ciśnienia o szybkości spalania decyduje przede wszystkim dyfuzja tlenu [8].

Dodatkowym argumentem świadczącym przeciw stosowaniu równań (6), (7) jako kryterium oceny spalania węgla w warstwie fluidalnej, jest proces termicznego rozpadu ziaren węgla [9], który następuje podczas odgazowania i spalania części lotnych. Powoduje to, że średnica ziarna węgla podawanego do paleniska zmienia się skokowo i nie może stanowić parametru wyjściowego do dalszych obliczeń. Dopiero po rozpadnięciu się ziarna na mniejsze części można prowadzić obliczenia procesu wypalania np. w oparciu o kinetyczno-dyfuzyjną teorię spalania.

Zjawisko termicznego rozdrabniania ziaren w procesie fluidalnego spalania uwarunkowane jest, jak się wydaje, następującymi czynnikami :

- wyjściową strukturą węgla,
- różnymi współczynnikami rozszerzalności cieplnej zmierzonymi w kierunku prostopadłym i równoległym do warstwek węgla,
- przemianami fizyko-chemicznymi w procesie nagrzewania i spalania,
- istnieniem mikro- i makropęknięć w ziarnie węgla.

Tak złożony proces przemian struktury węgla zachodzący podczas nagrzewania węgla, w połączeniu z intensywnym ruchem płonącego ziarna w warstwie fluidalnej i związanych z nim wzajemnych oddziaływań mechanicznych, stwarza warunki do podziału ziarna.

## 2. Modelowanie procesu spalania ziarna węgla w warstwie fluidalnej

W celu oszacowania parametrów operacyjnych fluidalnego spalania opracowano szereg modeli matematycznych, które w większym lub mniejszym stopniu pozwoliły przybliżyć opis matematyczny procesu do warunków rzeczywistych, panujących w palenisku fluidyzacyjnym. Należy tu wymienić prace : Avedesian, Davidson, 1973 [3], Gordon, Amundson, 1976 [10], Chen, Saxena, 1977 [11], Gajewski, 1968 [12], Rajan, Wen, 1980 [13] i inne. Modele te zostały dokładnie omówione w obszernej literaturze, natomiast w tym miejscu ograniczono się jedynie do rozpatrzenia głównych zagadnień. Większość z przedstawionych modeli przyjmuje do założeń dwufazową teorię fluidyzacji oraz teorię reakcji katalitycznych i opracowywane były zwykle dla ziaren drobnych, o średnicy nie przekraczającej zwykle 1 mm. Stąd rozważania dla drobnoziarnistych układów fluidyzacyjnych jedynie w ograniczonym stopniu mogą być wykorzystane dla warstw gruboziarnistych, charakterystycznych dla palenisk fluidyzacyjnych /  $0-10$  mm /. Dodatkowo modele te nie uwzględniają specyfiki ruchu ziaren w objętości warstwy fluidalnej i wynikającego stąd zmiennego stężenia tlenu na powierzchni płonącego ziarna węgla.

Przeprowadzone przez autorów badania doświadczalne wykazały, że proces fluidalnego spalania zachodzi przy dominującej roli dyfuzji tlenu. W tej sytuacji podstawowym parametrem jest stężenie tlenu w otoczeniu płonącego ziarna, które to zdeterminowane jest ruchem ziarna węgla, bowiem stężenie tlenu wykładniczo maleje wzdłuż wysokości warstwy fluidalnej.

Biorąc powyższe pod uwagę, w oparciu o kinetyczno-dyfuzyjną teorię spalania opracowano modele matematyczne, których odrębność od dotychczas spotykanych w literaturze polega na uwzględnieniu wymienionych czynników. W oparciu o analizę ruchu ziaren w objętości warstwy fluidalnej przyjęto w kolejnych modelach następujące założenia w celu sformułowania odpowiednich warunków brzegowych :

1. Koncentracja tlenu w otoczeniu ziarna zmienia się zgodnie z zależnością



$$C_{ot} = C_o + (C_A - C_o) \cos 2\pi \omega \tau \quad , \quad (8)$$

gdzie :  $C_A - C_o$  - amplituda zmian stężenia tlenu w otoczeniu ziarna,  
 $C_o$  - początkowe stężenie tlenu,  
 $\omega$  - częstotliwość zmian stężenia,  
 $\tau$  - czas,

a ruch ziaren jest cyrkulacyjnym ruchem harmonicznym o niezmiennej amplitudzie i częstotliwości [14].

2. Ruch ziarna jest ruchem losowym, a jego kolejne położenia w warstwie fluidalnej symulowane są w oparciu o metodę Monte-Carlo [7].

3. Na podstawie funkcji autokorelacji i gęstości widmowej mocy sformułowano funkcję opisującą ruch ziarna, w postaci następującego szeregu zbieżnego [15]:

$$Z(\tau) = \frac{\bar{H}}{H_o} + \sum_{n=0}^{\infty} (a_n \cos \omega_n \tau + b_n \sin \omega_n \tau) \quad , \quad (9)$$

gdzie :  $\bar{H}$  - średnia wysokość położenia ziarna w warstwie fluidalnej,  
 $H_o$  - wysokość warstwy nieruchomej,  
 $\omega$  - częstość przebiegu,  
 $a_n, b_n$  - współczynniki szeregu.

Weryfikacja modeli była dokonana w oparciu o wyniki badań eksperymentalnych przedstawionych w pracach [7], [15].

Uzyskane wyniki, zwłaszcza przy założeniu losowego ruchu ziarna, stosunkowo dobrze aproksymują dane doświadczalne co wskazuje, że założenia poczynione przy opracowaniu opisu matematycznego procesu spalania nie spowodowały znacznego odstępstwa od rzeczywistych warunków wypalania odosobnionego ziarna węgla w warstwie fluidalnej.

### 3. Wnioski

Sumując dotychczasowe wyniki badań fluidalnego spalania węgla można sformułować następujące wnioski :

1. Najsilniejszy wpływ na przebieg procesu spalania wywierają : średnica ziaren węgla i materiału inertnego, a także prędkość gazu fluidyzującego. Zmiany temperatury warstwy, w dopuszczalnym dla palenisk fluidyzacyjnych przedziale / 750+950°C /, nie powodują istotnych zmian szybkości spalania. Wzrost ciśnienia powoduje wzrost szybkości wypalania ziaren drobnych / poniżej 1 mm /, natomiast dla ziaren grubych nie powoduje istotnego wzrostu szybkości spalania, bowiem wyższe stężenie tlenu kompensowane jest mniejszym współczynnikiem dyfuzji. Świadczy to o dominującej roli dyfuzji tlenu do powierzchni ziarna.

2. Ruch ziarna pływającego w warstwie fluidalnej jest losowym procesem ergodycznym, a jego oddziaływanie na spalanie wyraża się w postaci zmiennej losowo koncentracji tlenu wokół ziarna. Ruch ten, wraz z przemianami w strukturze wewnętrznej ziarna stanowi zasadniczy czynnik powodujący termiczne rozdrabnianie.
3. Ruch ziarna w zależności od stopnia wypalenia można podzielić na dwa etapy. W pierwszym etapie, w którym ziarno odgazowuje części lotne, ziarno pływa po powierzchni warstwy lub pozostaje w bezpośrednim jej sąsiedztwie. W drugim etapie pozostałość koksowa zachowuje się podobnie jak ziarno materiału inertnego, wykonując losowe ruchy w całej objętości warstwy. Stąd wynikają przesłanki do modernizacji palenisk fluidyzacyjnych, która winna zapewnić lepsze od dotychczasowych warunki spalania części lotnych w przestrzeni ponad warstwą, np. przez doprowadzenie powietrza wtórnego.
4. W procesie spalania w warstwie fluidalnej ziarna węgla kamiennego ulegają termicznemu rozdrabnianiu, przy czym można wyróżnić średnicę krytyczną zależną od rodzaju węgla, poniżej której ziarna nie ulegają rozpadowi.
5. Sposób zasilania węglem palenisk fluidyzacyjnych oddziałuje na strukturę warstwy fluidalnej, a tym samym na ruch ziaren. Ma więc zasadniczy wpływ zarówno na przebieg procesu spalania, jak też na wielkość strat niecałkowitego spalania, spowodowanych unoszeniem z paleniska ziaren niespalonego węgla.
6. Uwzględnienie w przedstawionych modelach matematycznych zmiennej koncentracji tlenu wokół pływającego węgla, wynikającej z losowego ruchu ziaren w warstwie fluidalnej, stanowi kolejny krok w kierunku zbliżenia modelu do warunków rzeczywistych panujących w palenisku fluidyzacyjnym.

#### LITERATURA

1. Turnbull E., Davidson J.F.: Fluidized Combustion of Char and Volatiles from Coal. *AIChE Journal*, Vol.30, No.6, 881, 1984.
2. Avena V., D'Amore, Massimilla L.: Carbon Attrition During the Fluidized Combustion of a Char. *AIChE Journal*, Vol.29, No.1, 40, 1983.
3. Avedesian M.M., Davidson J.F.: The Combustion of Coal in Fluidized Beds. *Trans. Inst. Chem. Eng.*, 51, 121, 1973.
4. Basu P.: Burning Rate of Carbon in Fluidized Beds. *Fuel*, 56, 1977.
5. Chakraborty R.K., Howard J.R.: Burning Rates and Temperatures of Carbon Particles in a Shallow Fluidized Bed Combustor. *Journal of the Inst. of Fuel*. 220, 1978.
6. Bryers R.W.: Low - temperature Combustion of Solid Fuels in a Fluid Bed Containing a Heat Sink. *Proc. 12th Intersoc. Energy Convers. Eng.*, 1, 779, 1977.



7. Nowak W.: Mechanizm spalania cząstki paliwa stałego w warstwie fluidalnej. Praca doktorska, Politechnika Częstochowska, 1963.
8. Gajewski W., Nowak W., Bulewicz E.M., Juryś C., Kandefer S.: Kinetics of Combustion of Coal Particles in a Fluid Bed at Elevated Pressures. IX-th Int. Symp. on Comb. Processes. Wisła 1965.
9. Gajewski W., Nowak W.: Fluidalne spalanie odosobnionej cząstki węgla kamiennego. Gospodarka Paliwami i Energią. Nr.9, 1983.
10. Gordon A.L., Caram H.S., Amundson N.R.: Modelling of Fluidized Bed Reactors. Chem. Eng. Sci., 3, 1163, 1976.
11. Chen T.F., Saxena S.C.: Mathematical Modelling of Coal Combustion in Fluidized Beds with Sulphur Emission Control by Limestone or Dolomite. Fuel, 5, 401, 1977.
12. Gajewski W.: Praca doktorska, Politechnika Częstochowska, 1968.
13. Rajan R.R., Wen C.Y.: A Comprehensive Model for Fluidized Bed Coal Combustors. AIChE Journal, 4, 642, 1980.
14. Gajewski W., Nowak W.: Modelowanie spalania fluidalnego. Archiwum Termodynamiki, Vol.5, 1, 82, 1984.
15. Gajewski W.: Badania procesu fluidalnego spalania. Praca habilitacyjna 1984.

#### СЖИГАНИЕ ЧАСТИЦ УГЛЯ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

##### Резюме

Представлено обзор работ проведенных Кафедрой Котлов и Термодинамики Ченстоховского Политехнического Института по вопросам механизма и кинетики сжигания одиночных частиц угля в кипящем слое.

Экспериментальные исследования показали, что сжигание угля в кипящем слое протекает в диффузионной области. В связи с засеченным сильным влиянием изменения концентрации кислорода на процесс сжигания, соединенным с интенсивным движением зерен и экспоненциальным изменением концентрации кислорода по высоте слоя, возникла необходимость тщательного экспериментального анализа движения частиц в кипящем слое.

Исследования показали, что движение горящих частиц угля является случайным эргодическим процессом. Во время исследований определено, что зерна угля в области выхода летучих плавают по поверхности кипящего слоя, а коксовый остаток ведет себя как зерна инертного материала, выполняя случайные движения во всем объеме слоя. Замечено также, что зерна каменного угля в процессе сжигания раздробляются на меньшие части.

Проведенные экспериментальные исследования позволили предложить математическую модель, учитывающую движение частиц при введении граничного условия в виде случайно изменяющейся концентрации кислорода в окрестности горящего угля.

Для верификации математической модели были проведены дополнительные опыты, заключающиеся в моделировании распределения концентрации кислорода

по высоте слоя. Доказано, что модель достаточно точно описывает процесс сжигания частицы в кипящем слое.

## BURNING OF COAL PARTICLES IN FLUIDIZED BED

### S u m m a r y

The paper is summing up the results obtained so far in the Chair of Thermodynamics and Steam Boilers Czestochowa Technical University in the domain of kinetics and mechanism of combustion of a single coal particles in a fluidized bed.

The experiments performed so far revealed that the burning of coal particles inside the bed takes place in the diffusion area. The distinct influence of the oxygen concentration upon the combustion rate together with the intense mixing inside the layer and the exponential variation of the oxygen concentration along the bed height revealed the necessity of the more careful analysis of the particles motion in the fluidized bed.

The research performed has shown the ergodicity of the stochastic motion of the burning particles. The coal particles during the degasifying process float at the surface of the fluidized bed while the coke residue behave in the similar manner as the inert substance i.e. performs the stochastic motion inside the whole area of the bed. It has also been observed that the coal particles during the combustion process break into smaller ones.

The experiment performed has led us to some assumption in the mathematical model, which take into account the motion of the particles. It has been done via the proper boundary conditions determined as the stochastic variation of the oxygen concentration in the vicinity of the burning particles.

The mathematical model has been experimentally verified which required the proper modelling of the real oxygen concentration along the fluidized bed height. It has been proved that the mathematical model proposed describes with the sufficient accuracy the combustion process of the coal particles inside the fluidized bed.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Chmielnicki

Wpłynęło do Redakcji w. marcu 1986 r.