

Robert ZARZYCKI*, Marcin KRATOFIL**, Damian PAWŁOWSKI**,
Mariola ŚCISŁOWSKA**, Rafał KOBYLECKI**, Zbigniew BIS***

Układ podawania paliwa do przedpaleniska cyklonowego

STRESZCZENIE. W artykule przedstawiono ideę konstrukcji podajnika pyłu węglowego oraz układu pozwalającego na jego wprowadzenie z dużą prędkością do komory paleniskowej. Praca zawiera także analizę pracy prototypowego podajnika z układem wprowadzania paliwa do komory paleniskowej przedpaleniska cyklonowego. Przeprowadzone badania prototypowego podajnika paliwa wykazały, że możliwe jest transportowanie pyłu węglowego o średnicy ziaren $<200 \mu\text{m}$. W wyniku przeprowadzonych badań doświadczalnych sformułowano procedury dotyczące uruchamiania, pracy oraz wyłączania układu podajnika. Potwierdzono założenia konstrukcyjne dotyczące możliwości uzyskania stabilnej strugi o stałej koncentracji paliwa na wlocie do komory paleniskowej. Dodatkowo w artykule przedstawiono także wyniki obliczeń numerycznych układu podajnika. Geometrię strumienicy opracowano w programie Gambit, a obliczenia numeryczne przeprowadzono przy wykorzystaniu programu ANSYS Fluent 14. Wyniki obliczeń przepływu mieszanki pyłowo-gazowej przez strumienicę i jej zachowania się w komorze paleniskowej przedpaleniska cyklonowego pozwalają stwierdzić, że zaproponowana konstrukcja umożliwia kontrolę i regulację strumienia transportowanego pyłu węglowego.

SŁOWA KLUCZOWE: podajnik paliwa, przedpalenisko cyklonowe, strumienica

* Dr inż., ** Mgr inż., *** Prof. dr hab. inż. – Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Środowiska i Biotechnologii, Częstochowa, e-mail: zarzycki@is.pcz.czyst.pl, mkratofil@is.pcz.czyst.pl, d.pawlowski@is.pcz.czyst.pl, m.scislowska@is.pcz.czyst.pl, rafalk@is.pcz.czyst.pl, zbis@is.pcz.czyst.pl

Wprowadzenie

Od kilkudziesięciu lat na całym świecie prowadzone są badania eksperymentalne i modelowe z zakresu fluidalnego spalania paliw. W ostatnich latach badania te rozszerzono o tzw. oxyspalanie, czyli utlenianie paliwa w atmosferach o zawartości tlenu $>21\%$. Teoretycznie, oxyspalanie może być realizowane w czystym tlenie, lecz praktycznie stężenie utleniacza powinno być znacznie niższe, przede wszystkim ze względu na możliwości kontroli temperatury (Muskala i in. 2008; Nowak, Pronobis 2010; Nowak, Czakiert 2012; Chen i in. 2012). Technologia oxyspalania posiada wiele zalet (Lasek 2011), spośród których najważniejsze to wyższa niż w przypadku spalania w powietrzu koncentracja CO_2 w spalinach, ułatwiająca jego separację oraz mniejszą ilość spalin, które dodatkowo zawierają znacznie mniejsze ilości tzw. termicznego NO_x .

Szereg zalet dla realizacji procesu oxyspalania dają paleniska cyklonowe, których technologia była dotychczas rozwijana jedynie dla spalania konwencjonalnego, tj. w powietrzu (Żamojdo i in. 1985; Rzepa i in. 1987). Mimo wielu zalet (np. dobre mieszanie paliwa i utleniacza), prace nad rozwojem tych palenisk zostały zahamowane – przede wszystkim z powodu wysokiej emisji tlenków azotu tworzących się w wysokiej temperaturze panującej w palenisku.

Realizacja w paleniskach cyklonowych procesu oxyspalania ogranicza jednak znacząco strumień azotu wprowadzany wraz z utleniaczem, w związku z czym problem wysokiej emisji termicznych tlenków azotu zostaje skutecznie zredukowany (Devault, McDonald 2006; Pawłowski i in. 2013), stwarzając dobre warunki dla renesansu i dalszego rozwoju technologii palenisk cyklonowych. Kluczową kwestią dla zapewnienia poprawnej pracy paleniska jest jednak odpowiedni dobór układu podawania paliwa, który musi pracować stabilnie i niezawodnie (Błasiński, Młodziński 1971).

W przypadku transportu paliwa w postaci materiału sypkiego wyróżnić można wiele dostępnych na rynku podajników o różnej konstrukcji, jak np. podajniki talerzowe, bębnowe, taśmowe, wibracyjne, śrubowe, pneumatyczne, bądź fluidyzacyjne. Niestety, głównym ograniczeniem w pracy podajników jest zapewnienie stabilności zasilania, zwłaszcza w przypadku małych strumieni transportowanego paliwa o drobnej granulacji oraz realizacji spalania w paleniskach o wysokim stężeniu utleniacza. W niniejszym artykule przedstawiono nową koncepcję podajnika pyłu węglowego przewidywanego do zastosowania w przedpalenisku cyklonowym, w którym prowadzony będzie proces oxyspalania pyłu węglowego.

1. Założenia konstrukcyjne układu podawania pyłu węglowego

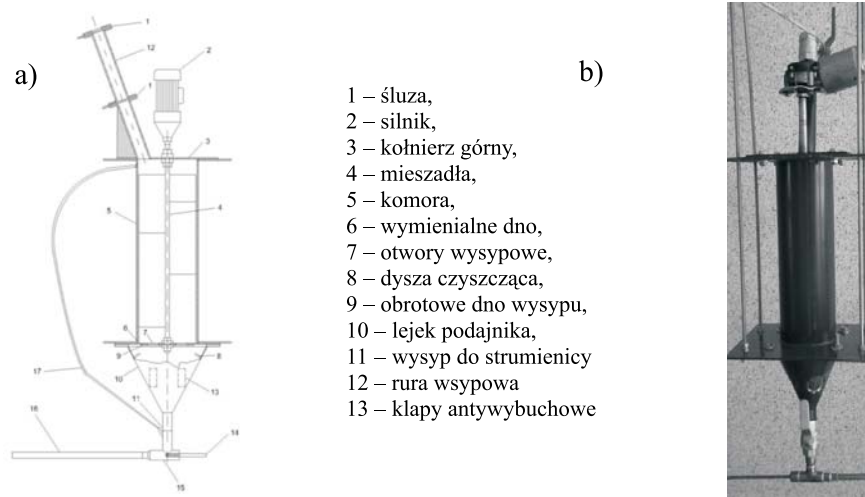
Szczegóły budowy przedpaleniska przedstawiono w innych pracach (m.in. Bis i in. 2011; Pawłowski i in. 2013; Zarzycki i in. 2013a, b). W zakładanej konfiguracji układ podawania

pyłu węglowego powinien zapewniać stabilne wprowadzenie pyłu z dużą prędkością do komory przedpaleniska i powinien spełniać następujące kryteria:

- ✧ możliwość płynnego i równomiernego regulowania wydajności podawanego paliwa w zakresie $0-5 \cdot 10^{-3}$ kg/s,
- ✧ możliwość podawania paliwa o granulacji w zakresie 100–1000 μm ,
- ✧ szczelna komora zbiornika paliwa uniemożliwiająca kontakt z powietrzem,
- ✧ małe gabaryty,
- ✧ wielkość komory paliwa zapewniająca pracę przez co najmniej jedną godzinę przy maksymalnej wydajności,
- ✧ odpowiednie umiejscowienie podajnika paliwa minimalizujące możliwość zapłonu znajdującego się wewnątrz paliwa,
- ✧ niezawodność i łatwość naprawy.

Opierając się na powyższych wymaganiach opracowano autorską koncepcję układu podawania pyłu węglowego, którego schemat widoczny jest na rysunku 1a, zaś model fizyczny pokazano na rysunku 1b.

Przedstawiony podajnik paliwa składa z komory 5, do której za pomocą rury wysypowej 12 od góry wprowadzane jest paliwo o odpowiedniej granulacji (100 do 1000 μm). Rura 12 wyposażona jest w dwie śluzy 1, które mają zapewnić szczelność komory 5 (będzie to istotne ze względów bezpieczeństwa, natomiast w przypadku realizacji w przedpalenisku cyklonowym procesie oxyspalania, zapewni brak dostępu powietrza zawierającego azot do komory spalania). W celu napełnienia komory 5 paliwem najpierw otwierana jest górna śluza 1, materiał podawany jest do rury opadowej i zatrzymuje się na śluzie dolnej 1. Gdy przestrzeń pomiędzy śluzami zostanie wypełniona następuje zamknięcie górnej śluzy. Następnie śluza dolna zostaje zwolniona i materiał dostaje się do wnętrza komory 5.



Rys. 1. Podajnik paliwa wraz z układem podawania pyłu
 a) schemat, b) widok modelu

Fig. 1. Tray fuel supply system with dust
 a) scheme, b) view of the model

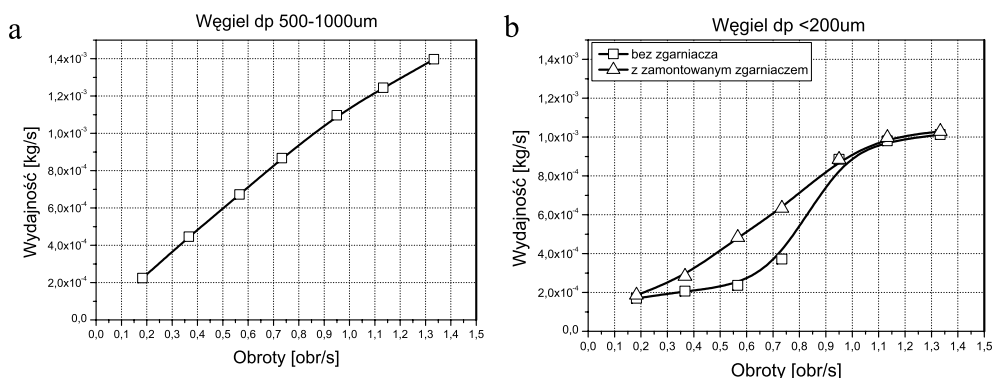
Opadające paliwo trafia na mieszadła 4 umieszczone na wale silnika, z których zsypane się aż do dna komory, gdzie znajduje się układ dozowania pyłu węglowego. Układ ten składa się z trzech elementów: nieruchomej przesłony z czterema otworami 6 o odpowiedniej średnicy, oraz dwóch tarcz 9, w których wykonane są otwory w kształcie nerki. Ruchome tarcze zamontowane są bezpośrednio nad i pod nieruchomą tarczą. Otwory w kształcie nerek przesunięte są względem siebie o 180° i zamontowane są na wale 4. Dozowanie odpowiedniej ilości paliwa odbywa się poprzez wypełnienie otworu w nieruchomej przesłonie dzięki ruchowi obrotowemu tarczy górnej. Następnie dalszy obrót górnej tarczy powoduje zamknięcie porcji paliwa pomiędzy nieruchomą przesłoną a górną tarczą. Dalszy obrót wału powoduje, że dolna tarcza z otworem w kształcie nerkki odsłania otwór wypełniony pyłem węglowym w wyniku czego następuje wysyp porcji paliwa.

Regulacja wydajności podajnika może być realizowana poprzez zmianę obrotów wału, a tym samym ilości obrotów tarczy (zmiana częstotliwości wysypywania porcji paliwa). Drugim sposobem regulacji wielkości pojedynczej porcji paliwa jest zmiana grubości przesłony 6. Zaprojektowano przesłonę o grubościach od $2-10 \cdot 10^{-3}$ m, które po zamontowaniu w podajniku pozwolą na zapewnienie odpowiedniej wydajności mieszczącej się w zakresie $0-5 \cdot 10^{-3}$ kg/s. Poniżej przesłony 6 i 9 zabudowano dysze 8, które mają za zadanie oczyszczanie otworów wysypowych za pomocą sprężonego gazu inertnego oraz uniemożliwiają osiadanie pyłu węglowego na ścianach bocznych leja podajnika, dodatkowo ułatwiają transport pyłu do zabudowanej poniżej strumienicy. W ścianach leja podajnika 10 umieszczono kłapy antywybuchowe 13, które w razie konieczności przejmą na siebie efekt wybuchu, dzięki czemu pozostałe elementy podajnika pozostaną nieuszkodzone, a tym samym uniknie się zapalenia i wybuchu pyłu węglowego zgromadzonego w komorze 5.

Poniżej podajnika paliwa zabudowana została strumienica, której zadaniem jest wprowadzenie mieszki pyłowo-gazowej do przedpaleniska cyklonowego.

2. Wyniki badań i ich analiza

Dla podajnika widocznego na rysunku 1b sporządzono charakterystyki wydajności w funkcji obrotów dla paliwa o uziarnieniu poniżej $200 \mu\text{m}$ i $500-1000 \mu\text{m}$, które widoczne są na rysunkach 2a i 2b. Charakterystyki wydajności sporządzono dla przypadku zamontowania w podajniku przesłony o grubości $2 \cdot 10^{-3}$ m. Dla użytego paliwa o granulacji $500-1000 \mu\text{m}$ (rys. 2a) zauważalna jest niemal liniowa zależność pomiędzy wydajnością a obrotami podajnika. W przypadku zastosowania paliwa o granulacji poniżej $200 \mu\text{m}$ (rys. 2b) w zakresie prędkości poniżej $0,6$ obr/s wydajność podajnika zmienia się w niewielkim stopniu. Zwiększenie prędkości powyżej $0,6$ obr/s spowodowało gwałtowny przyrost wydajności. Taki charakter pracy podajnika wynika najprawdopodobniej z sił adhezji występujących pomiędzy drobnymi ziarnami pyłu, które utrudniają przemieszczanie się paliwa powodując jego zawieszanie się w komorze podajnika 5. W celu eliminacji problemu zabudowano dodatkowy zgarniacz, który ułatwia zsypanie się drobnego pyłu do układu



Rys. 2. Zależność wydajności podajnika paliwa w zależności od obrotów wału dla paliwa o granulacji a) dp 500–1000 μm, b) dp <200 μm

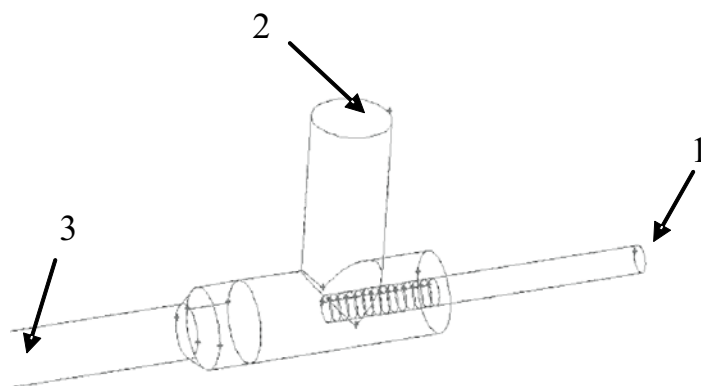
Fig. 2. Dependence of the efficiency of fuel feeder depending on shaft speed for fuel grain size a) dp 500–1000 μm, b) dp <200 μm

dozowania paliwa. Wykres wydajności podajnika w funkcji obrotów z zabudowanym zgarniaczem przedstawiono na rysunku 2b. Wyniki wskazują, że charakterystyka podajnika jest praktycznie liniowa do 1 obr/s. Maksymalne uzyskane wydajności podajnika dla granulacji paliwa poniżej 200 μm i 500–1000 μm wyniosły odpowiednio $1 \cdot 10^{-3}$ kg/s i $1,4 \cdot 10^{-3}$ kg/s. Różnice pomiędzy maksymalnymi wydajnościami dla badanych granulacji pyłu węglowego wynikają głównie z różnicy gęstości nasypowych: granulacja 500–1000 μm – ρ_{nasyp} około 700 kg/m³, granulacja < 200 μm – ρ_{nasyp} około 540 kg/m³. Pomimo zastosowania zgarniacza w przypadku drobnego pyłu ustalono, że stopień napełnienia (wykorzystania) przestrzeni dozującej paliwo spadł do około 93%.

3. Model numeryczny układu podawania paliwa

Na rysunku 3 pokazano widok geometrii obliczeniowej strumienicy transportującej pył do paleniska oraz widok komory paleniska cyklonowego (rys. 4). Obie geometrie zostały opracowane w programie Gambit. Strumienica składa się z króćca wlotu gazu napędowego i dyszy roboczej 1 (U_1), wlotu mieszanki pyłowo-gazowej z podajnika paliwa 2 (U_2) oraz wylotu mieszanki pyłowo-gazowej do komory paleniska cyklonowego 3 (U_3). Obliczenia numeryczne przeprowadzono przy wykorzystaniu programu ANSYS Fluent 14. Przepływ mieszanki pyłowo-gazowej modelowano jako przepływ dwufazowy stosując podejście Euler-Euler. Przepływ rozwiązywany był przy zastosowaniu modelu k-epsilon RNG.

Na rysunku 4 przedstawiono widok zabudowanych stycznie strumienic w komorze przedpaleniska cyklonowego. Obliczenia numeryczne przepływu paliwa przez strumienicę oraz komorę paleniska cyklonowego przeprowadzono dla czterech wariantów przepływowych widocznych w tabeli 1, które były ściśle związane z warunkami panującymi



Rys. 3. Geometria strumienicy

Fig. 3. The geometry of the ejector



Rys. 4. Geometria modelu obliczeniowego przedpaleniska cyklonowego wraz z zabudowanymi strumienicami

Fig. 4. Geometry of the calculation model cyclone furnace along with built-in ejectors

TABELA 1. Parametry przepływu gazu i mieszanki pyłowo-gazowej w układzie podawania dla dwóch analizowanych wariantów obliczeniowych

TABLE 1. Parameters of gas flow and mixture of dust and gas in the system feed for the two analyzed computational variants

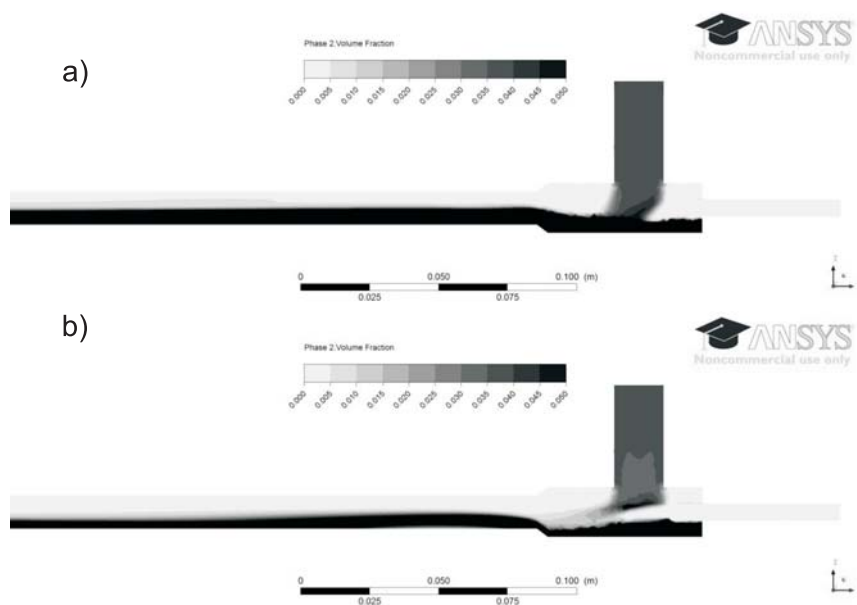
Wariant	Średnia prędkość gazu na wylocie z dyszy roboczej strumienicy U_1 [m/s]	Średnia prędkość mieszanki pyłowo-gazowej na wlocie do strumienicy U_2 [m/s]	Średnia prędkość mieszanki pyłowo-gazowej w kanale wylotowym strumienicy U_3 [m/s]
1)	5	1	3,5
2)	30	1	9,74

w przedpalenisku cyklonowym. W każdym z wariantów ilość podawanego paliwa wynosiła $1 \cdot 10^{-3}$ kg/s, a średnia prędkość zasysanego gazu z paliwem w przekroju wlotowym mieszanki pyłowo-gazowej 2 (rys. 3) wynosiła $U_2 = 1$ m/s. W analizowanych przypadkach dokonywano zmiany prędkości średniej wypływającego gazu z dyszy roboczej strumienicy U_1 w zakresie od 5 do 30 m/s (tab. 1). W badaniach numerycznych użyto pyłu węglowego o granulacji $500\mu\text{m}$.

Wyniki przepływu mieszanki pyłowo-gazowej przez strumienicę dla dwóch skrajnych analizowanych wariantów (5 i 30 m/s) w przekroju pionowym przedstawiono na rysunkach 5–7.

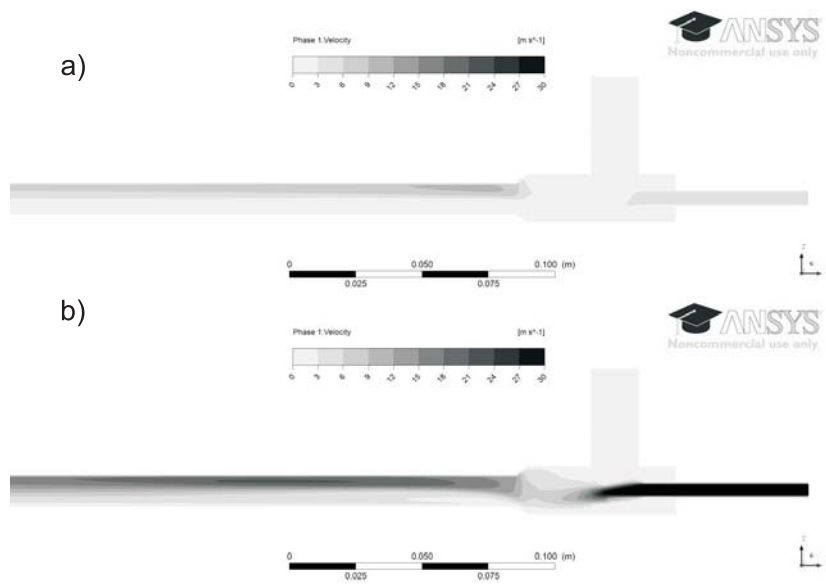
Dla analizowanych przypadków widoczny jest przepływ mieszanki pyłowo-gazowej z podajnika do komory zasysania strumienicy. W tym obszarze w zależności od prędkości gazu wypływającego z dyszy roboczej (U_1) strumienicy, następuje odpowiednio odchylenie i przyspieszenie tego strumienia. W przypadku najniższej prędkości w dyszy napędowej (5 m/s) widoczne jest jak paliwo sedymentuje na dnie komory zasysania (tworzy się tzw. „martwa strefa”), w pozostałych przypadkach proces ten jest mniej intensywny, tym samym zmniejszając przekrój czynny kanału.

Wzrost prędkości gazu wypływającego z dyszy roboczej wpływa na ograniczenie grubości „martwej strefy”, następuje proces samoregulacji, ograniczenia sedymentacji paliwa na dnie komory zasysania i wylotu mieszanki pyłowo-gazowej do komory paleniska cyklonowego. Analizując uzyskane w ramach obliczeń obrazy prędkości gazu i paliwa (rys. 6 i 7) zaobserwować można, że są one około 2-krotnie większe od średnich wartości prędkości,



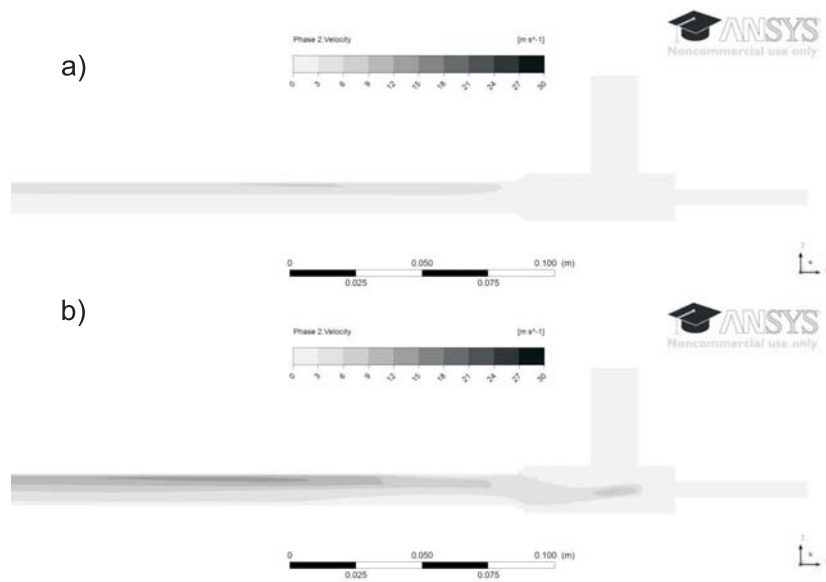
Rys. 5. Koncentracja paliwa w przekroju pionowym strumienicy
a) prędkość 5 m/s, b) prędkość 30 m/s

Fig. 5. Concentration of fuel, the ejector in vertical section
a) speed of 5 m/s, b) the speed of 30 m/s



Rys. 6. Prędkość gazu w przekroju pionowym strumienicy dla analizowanych przypadków
 a) prędkość 5 m/s, b) prędkość 30 m/s

Fig. 6. Gas velocity the ejector in vertical section of the analyzed cases
 a) speed of 5 m/s, b) speed of 30 m/s



Rys. 7. Prędkość paliwa w przekroju pionowym strumienicy dla analizowanych przypadków
 a) prędkość 5 m/s, b) prędkość 30 m/s

Fig. 7. Speed of the fuel in the ejector in a vertical section of the analyzed cases
 a) speed of 5 m/s, b) speed of 30 m/s

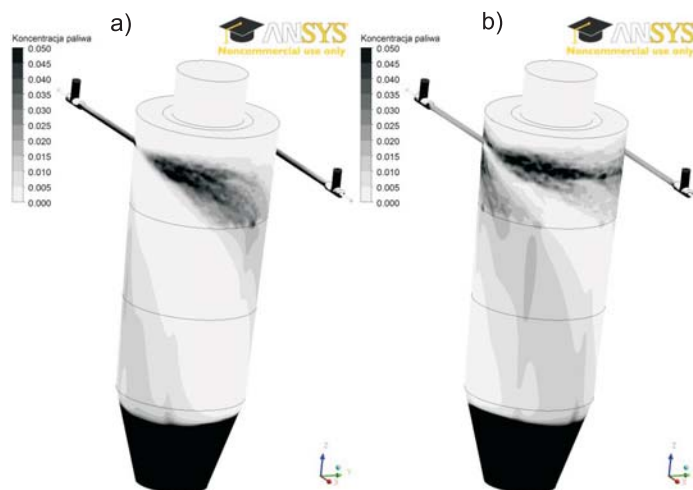
jakie wynikają z przepływającego strumienia objętości gazu w kanale wylotowym U_3 . Wzrost tej prędkości wynika przede wszystkim z gromadzenia się materiału w dolnej części kanału wylotowego i występowania warstw przyściennych.

Mając na uwadze powyższe obserwacje można sformułować zalecenia dotyczące ustalonej pracy i stanów przejściowych pracy podajnika paliwa oraz strumienicy. W przypadku uruchomienia podajnika w pierwszej kolejności konieczne jest podanie gazu poprzez dyszę roboczą, a następnie doprowadzenie do strumienicy mieszanki pyłowo-gazowej. W przypadku zakończenia pracy, w pierwszej kolejności wymagane jest zakończenie podawania mieszanki pyłowo-gazowej do strumienicy, następnie należy zwiększyć prędkość w dyszy napędowej, aby usunąć ewentualnie zalegające w strumienicy i kanale wylotowym paliwo. W innym przypadku może nastąpić do zablokowania kanału wylotowego pyłem węglowym i uszkodzenia strumienicy oraz podajnika paliwa.

Dla przedstawionych w tabeli 1 dwóch wariantów pracy strumienicy dokonano analizy przepływu tak przygotowanej mieszanki pyłowo-gazowej w modelu komory przedpaleniska cyklonowego. Opracowany model komory przedpaleniska zawiera dwie strumienice zabudowane stycznie do tworzącej (rys. 4).

Wyniki obliczeń koncentracji paliwa na ścianach komory przedpaleniska dla działających dwóch strumienic przedstawiono na rysunku 8.

Na przedstawionych rysunkach 8a i 8b widać, że poprzez zmianę prędkości w dyszach napędowych strumienic, możliwa jest kontrola przepływu paliwa po ścianach komory, a tym samym możliwe jest sterowanie czasem pobytu. W przypadku rzeczywistego stanowiska będzie to miało bezpośredni wpływ na proces suszenia i odgazowania paliwa. Dla prędkości 30 m/s (rys. 8 b) zauważyć można, że następuje interakcja strug paliwa wypływających z obu strumienic. Dalszy wzrost prędkości powodować może destabilizację obu strug paliwa



Rys. 8. Koncentracja paliwa w komorze paleniskowej zasilanej dwiema strumienicami
a) prędkość 5 m/s, b) prędkość 30 m/s

Fig. 8. The concentration of fuel in the combustion chamber supplied with two ejector
a) speed of 5 m/s, b) speed of 30 m/s

w wyniku ich wzajemnego oddziaływania, co skutkować może nawet krótszym czasem pobytu materiału na ścianach komory.

Jednym z problemów, jakie można napotkać przy takim sposobie podawania paliwa do komory przedpaleniska cyklonowego, może być erozja, dlatego też należy zwrócić szczególną uwagę przy doborze materiału ogniotrwałego (ceramiki), który musi charakteryzować się wysoką odpornością na ścieranie.

Przedstawiony w niniejszym artykule materiał dotyczący projektu i obliczeń układu podawania paliwa stanowił podstawę do realizacji prac przedstawionych w artykułach poświęconych obliczeniom przepływu pyłu węglowego w przedpalenisku cyklonowym (Zarzycki i in. 2013b) oraz analizie spalania pyłu węglowego w przedpalenisku cyklonowym (Zarzycki i in. 2013a).

Podsumowanie

Przedstawiona w niniejszym artykule koncepcja oraz projekt podajnika pyłu węglowego została opracowana na potrzeby budowanego w Katedrze Inżynierii Energii Politechniki Częstochowskiej przedpaleniska cyklonowego, w którym prowadzone będą technologiczne badania spalania pyłu węglowego. Przeprowadzone badania wydajności podajnika pozwalają stwierdzić, że po zastosowaniu zaproponowanego zgarniacza możliwe będzie podawanie do przedpaleniska pyłu węglowego o średnicy poniżej 200 μm . Przeprowadzone badania wypływu z podajnika i strumienicy pyłu węglowego potwierdziły założenia dotyczące uruchamiania i kończenia pracy podajnika, w przypadku normalnej pracy uzyskano na wylocie ze strumienicy stabilną strugę o stałej koncentracji paliwa.

Przeprowadzone obliczenia numeryczne pozwoliły określić charakter przepływu mieszanki pyłowo-gazowej ze strumienicy dla różnych prędkości wypływu gazu z dyszy roboczej. W ramach obliczeń numerycznych wyznaczono także charakter przepływu paliwa po ścianach wewnętrznych przedpaleniska cyklonowego przy zastosowaniu dwóch strumienic. Ustalono, że poprzez zmianę prędkości w dyszy roboczej możliwa jest kontrola przepływu paliwa w przedpalenisku cyklonowym, a w szczególności jego czas pobytu, co będzie miało istotny wpływ na przebieg procesu suszenia i odgazowania paliwa w górnej części przedpaleniska cyklonowego.

Praca naukowa dofinansowana przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, w ramach Strategicznego Programu Badań Naukowych i Prac Rozwojowych pt. „Zaawansowane technologie pozyskiwania energii” Zadanie Badawcze nr 2 „Opracowanie technologii spalania tlenowego dla kotłów pyłowych i fluidalnych zintegrowanych z wychwytem CO₂”, umowa nr SP/E/2/66420/10

Literatura

- BŁASIŃSKI H., MŁODZIŃSKI B., 1971 – Aparatura przemysłu chemicznego. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- BIS i in. 2011 – BIS Z., KOBYLECKI R., ZARZYCKI R., 2011 – Analiza ciepło-przepływowa przedpaleniska cyklonowego w warunkach oxy-spalania węgla. Raport wewnętrzny PStrateg 2/17/2011Dz (etap 37) z dnia 01.05.2011. Częstochowa.
- CHEN i in. 2012 – CHEN L., ZHENG YONG S., GHONIEM A.F., 2012 – Oxy-fuel combustion of pulverized coal: Characterization, fundamentals stabilization and CFD modeling. Progress in Energy and Combustion Science 38, s. 156–214.
- DEVAULT D.J., McDONALD D.K., 2006 – Cyclone furnace for oxygen fired boilers with flue gas recirculation. Patent US 2006/0201405.
- DMITREWSKI J., 1978 – Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. Tom III. PWRiL. Warszawa.
- GOLIŃSKI J.A., TROSKOLAŃSKI A.T., 1979 – Strumienice teoria i konstrukcja. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- GROCHOWICZ J., 1985 – Technologia produkcji mieszanek paszowych. PWRiL. Warszawa.
- JÓSKO E., SKOTNICKI P., 2011 – Ocena wpływu kształtu dyszy ssącej na wydajność i opory przepływu w podciśnieniowym transporcie pneumatycznym. Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o. R. 4, nr 7, s. 108–117. Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych.
- LASEK J. 2011 – Spalanie w tlenie a emisja tlenków azotu. Stan wiedzy i perspektywy badawcze. Energetyka t. 7, s. 426–433.
- MUSKAŁA i in. 2008 – MUSKAŁA W., KRZYWAŃSKI J., CZAKIERT T., SEKRET R., NOWAK W., 2008 – Spalanie w atmosferach modyfikowanych O₂, CO₂. Energetyka nr 10, s. 713–718.
- NOWAK W., PRONOBIS M., 2010 – Nowe technologie spalania i oczyszczania spalin. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- NOWAK W., CZAKIERT T., 2012 – Spalanie tlenowe dla kotłów pyłowych i fluidalnych zintegrowanych z wychwytywaniem CO₂. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa.
- PAWŁOWSKI i in. 2013 – PAWŁOWSKI D., ZARZYCKI R., BIS Z., KOBYLECKI R., KRATOFIL M., 2013 – analiza przepływu gazu i paliwa w przedpalenisku cyklonowym. Materiały konferencyjne, Gdańsk.
- RAZUMOW I., 1975 – Fluidyzacja i transport pneumatyczny materiałów sypkich. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- SOKOŁOW J., ZINGER N., 1965 – Strumienice. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- ZARZYCKI i in. 2013a – ZARZYCKI R., KRATOFIL M., PAWŁOWSKI D., ŚCISŁOWSKA M., KOBYLECKI R., BIS Z., 2013a – Analiza spalania pyłu węglowego w przedpalenisku cyklonowym. Złożono do druku.
- ZARZYCKI i in. 2013b – ZARZYCKI R., KRATOFIL M., PAWŁOWSKI D., ŚCISŁOWSKA M., KOBYLECKI R., BIS Z., 2013b – Analiza wyników obliczeń numerycznych przepływu pyłu węglowego oraz gazu w palenisku cyklonowym. Złożono do druku.

Robert ZARZYCKI, Marcin KRATOFIL, Damian PAWŁOWSKI, Mariola ŚCISŁOWSKA,
Rafał KOBYLECKI, Zbigniew BIS

The fuel supply system of the cyclone furnace

Abstract

This paper presents the novel idea of a pulverized coal feeder system intended to be coupled to a cyclone furnace. The paper includes analysis of the characteristics of a model feeder prototype. The results of experimentation indicated that it was possible to control and consistently feed coal dust of a particle diameter $<200 \mu\text{m}$. The results of the numerical calculations carried out using Gambit and ANSYS Fluent software confirmed the successful operation of the prototype model and its functionality with the ejector setup that fed the fuel into the cyclone furnace. The numerical results also indicated that by changing the gas velocity in the jet nozzle, the fuel flow rate to the cyclone furnace could be successfully adjusted.

KEY WORDS: fuel feeder, cyclone furnace, ejector