

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

Analiza wyników obliczeń numerycznych przepływu pyłu węglowego oraz gazu w palenisku cyklonowym

STRESZCZENIE. W artykule przedstawiono koncepcję budowy pionowego przedpaleniska cyklonowego, w którym możliwe będzie prowadzenie procesu oxyspalania pyłu węglowego z ciekłym odprowadzaniem żużla. Proponowane przedpalenisko może stanowić integralną część pyłowego kotła energetycznego. Innowacyjność budowy omawianego przedpaleniska polega na rozdzieleniu procesu spalania na oddzielne spalanie części lotnych oraz pozostałości koksowej. W tym celu konstrukcja przedpaleniska składa się z dwóch komór: PC1 (dolna) i PC2 (górną), które połączone są stożkowym kanałem z zabudowanym w nim wewnętrznym nurnikiem oraz z wanny żużlowej do chłodzenia ciekłego żużla. Przeprowadzone obliczenia numeryczne pozwoliły na wyznaczenie pola prędkości gazu oraz paliwa w przedpalenisku. Wybrane wyniki obliczeń przedstawiają wpływ zmian średnich prędkości w przekrojach wylotowych dysz komory PC1, przy stałej średniej prędkości w przekrojach wylotowych dysz PC2, na hydrodynamikę przepływu gazu i paliwa. Wyniki obliczeń wykazały, że dla rozpatrywanej geometrii przedpaleniska cyklonowego istnieje możliwość sterowania przepływem gazu oraz pyłu węglowego. Potwierdza to analiza koncentracji paliwa na ściankach oraz w osi przedpaleniska. Koncepcja zastosowania wewnętrznego nurnika przyczyniła się do poprawy przepływu paliwa z komory PC2 do PC1, tworząc strefę przepływu pomiędzy nurnikiem a ścianką komory. Nurnik wewnętrzny w znacznym stopniu wyeliminował również unos drobnych frakcji paliwa w osi przedpaleniska z komory PC1 do PC2.

SŁOWA KLUCZOWE: palenisko cyklonowe, modelowanie numeryczne, oxyspalanie

* 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

Wysoka pozycja węgla w strukturze źródeł energii dla polskiej energetyki wynika bezpośrednio z tego, że Polska ze względu na zasoby znajduje się w gronie dziesięciu największych producentów węgla na świecie (WCA 2012). W roku 2011 udział węgla w produkcji energii elektrycznej w Polsce wynosił 87%, podczas gdy średnia udziału węgla dla całej Unii Europejskiej wyniosła 26% (Kaliski i in. 2012). Biorąc pod uwagę obecną strukturę krajowego sektora energetycznego oraz postępujące zaostżanie przepisów ochrony środowiska można stwierdzić, że w najbliższych latach stoi przed nim wiele wyzwań związanych głównie z redukcją emisji CO₂. Nieuregulowanym jak dotąd tematem pozostaje natomiast emisja metali ciężkich np. Hg (Wichlinski i in. 2012). Założenia zawarte w dokumencie „Polityka Energetyczna Polski do 2030 roku”, zgodne z polityką zrównoważonego rozwoju oraz ochrony środowiska, określają plany redukcji udziału węgla w produkcji energii elektrycznej do poziomu ponad 60%. Energetyka jądrowa oraz OZE mają zastąpić różnicę, co ze względu na stan obecny, wydaje się być trudnym do osiągnięcia (Malko 2009).

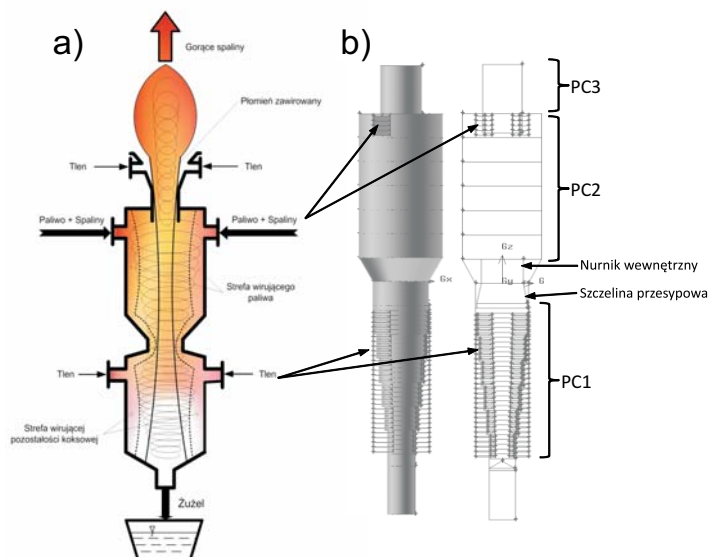
Ze względu na to, że w najbliższej perspektywie zastępowanie w sektorze energetycznym wycofywanych z eksploatacji mocy odbywać się będzie nadal z wykorzystaniem energetyki węglowej, uzasadnionym jest rozwój technologii wysokosprawnego przetwarzania energii chemicznej węgla. Jedną z najsukuteczniejszych metod spalania węgla jest spalanie w atmosferach wzbogaconych w tlen (*oxy-combustion*). Tematyka spalania w atmosferach wzbogaconych tlenem zaczęła cieszyć się dużym zainteresowaniem w ostatnich latach, o czym świadczą liczne powstałe lub planowane do uruchomienia na świecie instalacje pilotowe (Nowak 2010). Jak łatwo zauważyć, realizacja procesu oxyspalania, dzięki wyeliminowaniu N₂ z gazowego substratu, pozwala na ograniczenie ilości spalin o około 80%; otrzymany w ten sposób strumień spalin charakteryzuje się wysokimi stężeniami CO₂, co znacząco ułatwia realizację procesu CCS (*Carbon Capture and Storage*) oraz odsiarczanie i odazotowanie spalin. Realizacja procesu oxy-spalania wymaga jednakże dostarczenia tlenu o wysokim stopniu czystości, co powoduje wzrost potrzeb własnych bloku (Bis, Czakiert 2006; Maja i in. 2010; Muskała i in. 2008; Nowak Czakiert 2012).

Jedną z technologii branych pod uwagę do implementacji dla oxyspalania jest technologia palenisk cyklonowych. Charakterystycznymi cechami palenisk cyklonowych jest ich prosta budowa oraz duża elastyczność paliwowa. Oprócz spalania, możliwe jest także prowadzenie w nich procesu zgazowania. Stosowanymi paliwami mogą być paliwa konwencjonalne stałe, ciekłe lub gazowe, jak i paliwa alternatywne o różnym stanie skupienia. Spalanie paliw niskokalorycznych z powodzeniem można realizować przez tworzenie mieszanek z paliwami wysokokalorycznymi (Rzepa i in. 1987; Suckewer i in. 1968; Żamojdo i in. 1988). Płomień wirowy umożliwia wydłużenie czasu pobytu paliwa w komorze paleniskowej, w porównaniu do kotłów pyłowych, czego efektem jest wysoki stopień wypalenia paliwa. Wysoka temperatura procesu spalania, dochodząca do wartości 1800°C, umożliwia odprowadzanie żużla w postaci ciekłej oraz jego witrifikację, co powoduje, że paleniska cyklonowe cechuje bardzo niska emisja popiołu lotnego (Wójcicki 1969). Możliwość topienia żużla może być przydatna w utylizacji odpadów, gdzie żużel w postaci

inertnego wityfikatu może znaleźć zagospodarowanie w budownictwie. Największą wadą palenisk cyklonowych jest nadmierna emisja wysokotemperaturowych NO_x , powstających w wyniku spalania w atmosferze powietrza. Było to powodem zahamowania prac nad ich rozwojem. Zwrotem w historii tego typu palenisk stała się technologia oxyspalania, bazująca na zastąpieniu powietrza utleniaczem o zawartości tlenu powyżej 21% (Devault McDonald 2006), co pozwoliło wyeliminować nadmierną emisję tlenków azotu, a tym samym wznowić zainteresowanie paleniskami cyklonowymi. Dla praktycznej implementacji oxyspalania konieczne jest jednak opracowanie nowej konstrukcji palenisk cyklonowych – realizacji tego celu poświęcona jest m.in. niniejsza praca.

1. Koncepcja spalania pyłu węglowego w przedpalenisku cyklonowym

W Katedrze Inżynierii Energii Politechniki Częstochowskiej opracowano nową koncepcję przedpaleniska cyklonowego, w którym możliwe będzie prowadzenie procesu oxyspalania pyłu węglowego. Posiada ono budowę pionową i stanowić może integralną część pyłowego kotła energetycznego. Innowacyjność budowy omawianego przedpaleniska polega na rozdzieleniu procesu spalania. Konstrukcja przedpaleniska składa się z dwóch komór (rys. 1):



Rys. 1. Przedpalenisko cyklonowe do oxyspalania węgla

a) schemat konfiguracji; b) geometria obliczeniowa

Źródło: Bis i in. 2011

Fig. 1. Cyclone furnace for oxy-coal combustion
a) configuration scheme, b) computational geometry

PC1 (dolna) i PC2 (górna), które połączone są stożkowym kanałem z zabudowanym w nim wewnętrznym nurnikiem. Paliwo podawane będzie za pomocą strumienicy umieszczonej w kanale paliwowym, napędzanej recyrkulowanymi spalinami. W komorze PC2 paliwo podlegać będzie procesowi nagrzewania oraz suszenia przez ciepło dostarczane poprzez spaliny wypływające z części PC1. W górnej części PC1 przewiduje się możliwość realizacji zgazowania paliwa. W dolnej części PC1 realizowane będzie spalanie pozostałości koksowej, a także topienie popiołu. Aby osiągnąć potrzebną do tego wysoką temperaturę, w tym rejonie tlen podawany będzie z dużym nadmiarem. Nadmiar gorącego tlenu, przepływając w jądrze wiru ku górze, ulegnie intensywnemu wymieszaniu z wydzielonymi częściami lotnymi oraz najdrobniejszymi frakcjami pozostałości koksowej. Powstała mieszanka zostanie spalona na wylocie kanału PC3, łączącego przedpalenisko z komorą paleniskową kotła pyłowego.

2. Obliczenia numeryczne przepływu gazu i pyłu węglowego w przedpalenisku cyklonowym

Na podstawie przedstawionej na rysunku 1a koncepcji realizacji procesu spalania paliwa w przedpalenisku cyklonowym opracowano siatkę numeryczną (rys. 1b). Siatka ta pozwoliła na realizację symulacji numerycznych przepływu pyłu węglowego (paliwa) oraz gazu wewnątrz modelowego przedpaleniska cyklonowego. Obliczenia numeryczne miały na celu określenie wpływu średnich prędkości gazu wypływającego z przekrojów wylotowych dysz na przepływ paliwa (możliwości regulacyjne) w stanowisku modelowym.

Przedpalenisko (rys. 1b) podzielone zostało na dwie części: komorę górną PC2 o średnicy wewnętrznej 0,3 m i wysokości 0,6 m oraz komorę dolną PC1 złożoną z sześciu stopni o zmiennej średnicy. Średnica wewnętrzna najwyższego stopnia wynosi 0,2 m, a najniższego 0,1 m. Wysokość każdego stopnia równa jest 0,1 m.

W komorze PC2 zabudowano dwa styczne wloty o wymiarach $0,01 \times 0,08$ m, którymi podawana była mieszanka pyłu węglowego oraz recyrkulowanych spalin (Zarzycki i in. 2013). W komorze PC1 zabudowano 30 dysz stycznych o średnicy 0,005 m, po 5 na każdym stopniu.

Obliczenia symulacyjne przeprowadzono dla pięciu konfiguracji, szczególnie dotyczące prędkości przepływu oraz strumienia objętości gazu zawarto w tabeli 1.

W obliczeniach numerycznych założono stałą ilość podawanego pyłu węglowego równą $1 \cdot 10^{-3}$ kg/s, gęstość nasypowa wynosiła 700 kg/m^3 , a średnica ziaren pyłu przyjęta została jako 500 μm .

Wybrane wyniki obliczeń wpływu zmian średnich prędkości w przekrojach wylotowych dysz komory PC1, przy stałej średniej prędkości w przekrojach wylotowych dysz PC2, zestawione zostały na rysunkach 2–6. Na każdym z rysunków przedstawione zostało pięć odpowiednich konfiguracji: 1 – a, 2 – b, 3 – c, 4 – d, 5 – e.

Analiza wyników rozkładu koncentracji paliwa na ścianach przedpaleniska przedstawiona na rysunku 2 wykazuje wysoki poziom koncentracji materiału wirującego na ściankach

TABELA 1. Parametry konfiguracji obliczeniowych

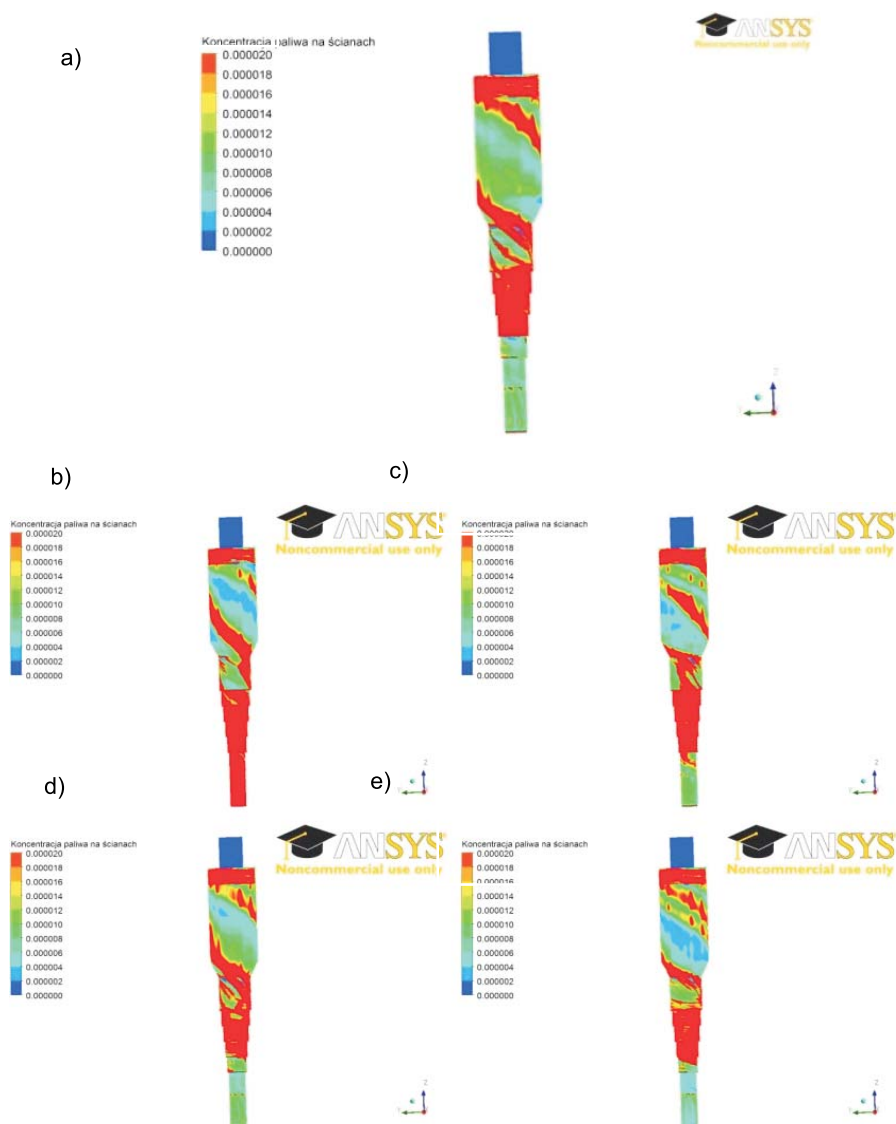
TABLE 1. The configuration parameters calculation

Parametr	Konfiguracja				
	1	2	3	4	5
Prędkość średnia w przekroju wylotowym dysz zabudowanych w komorze PC1 [m/s]	20	10	15	25	30
Sumaryczny strumień gazu wypływający z dysz zabudowanych w komorze PC1 [m ³ /s]	0,012	0,006	0,009	0,015	0,018
Prędkość średnia w przekroju wylotowym dysz zabudowanych w komorze PC2 [m/s]	20	20	20	20	20
Sumaryczny strumień gazu wypływający z dysz zabudowanych w komorze PC2 [m ³ /s]	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032

komory PC2 w sąsiedztwie dysz wlotowych. Dzięki wysokiej prędkości i pędowi wprowadzanego gazu, w strefie tej zachodzi intensywne wirowanie ziaren paliwa na wewnętrznej powierzchni komory PC2. Wskutek ciągłego doprowadzania paliwa do tego obszaru komory paleniskowej wzrasta masa wirujących tam ziaren po czym zaczynają się one przemieszczać w kierunku dolnej części komory PC2. Przemieszczanie ziaren odbywa się po trajektorii śrubowej w podobny sposób dla wszystkich analizowanych przypadków (rys. 2). Pył węglowy docierając do kanału łączącego komorę PC2 i PC1 zaczyna przemieszczać się po ścianach kanału do górnego stopnia w komorze PC1, w którym zabudowano dysze doprowadzające gaz napędowy (rys. 1b). W analizowanych przypadkach w obszarze tym ziarna węgla ulegają silnemu przyspieszeniu i zawirowaniu. W przypadku niskich prędkości średnich w przekrojach wylotowych dysz napędowych komory PC1 (rys. 1b i 1c) widoczne jest, że materiał dociera do ostatniego stopnia (położonego najniżej – wanna żużlowa) komory PC1; wynika to z niższych wartości siły odśrodkowej działającej na ziarna paliwa. Natomiast wzrost prędkości powoduje znaczne ograniczenie strumienia ziaren paliwa docierającego w pobliże wanny żużlowej, ziarna rezydują na wyższych stopniach komory PC1. Z powyższego wynika, że poprzez zmianę średnich prędkości w przekrojach wylotowych dysz napędowych można sterować przepływem pionowym paliwa w tej części przedpaleniska cyklonowego. Jest to istotne ze względu na ograniczenie straty niecałkowitego spalania pyłu węglowego (rys. 2).

Dodatkowych informacji o wpływie prędkości średniej gazu napędowego na przepływ paliwa dostarczają rozkłady koncentracji paliwa w przekroju pionowym przedpaleniska cyklonowego (rys. 3 i 4). Analizując odpowiednie rozkłady można zaobserwować, że wartość średnich prędkości gazu wypływającego z przekrojów wylotowych dysz napędowych komory PC1 wpływa nie tylko na charakter przepływu na ścianach, ale także na przepływ w całej objętości komory PC1. Ziarna paliwa przemieszczające się ze stopnia wyższego na niższy, koncentrując się na progach, są w pewnej części unoszone w kierunku osi komory PC1. Porównanie rozkładów koncentracji materiału w osi paleniska (rys. 3, 4)

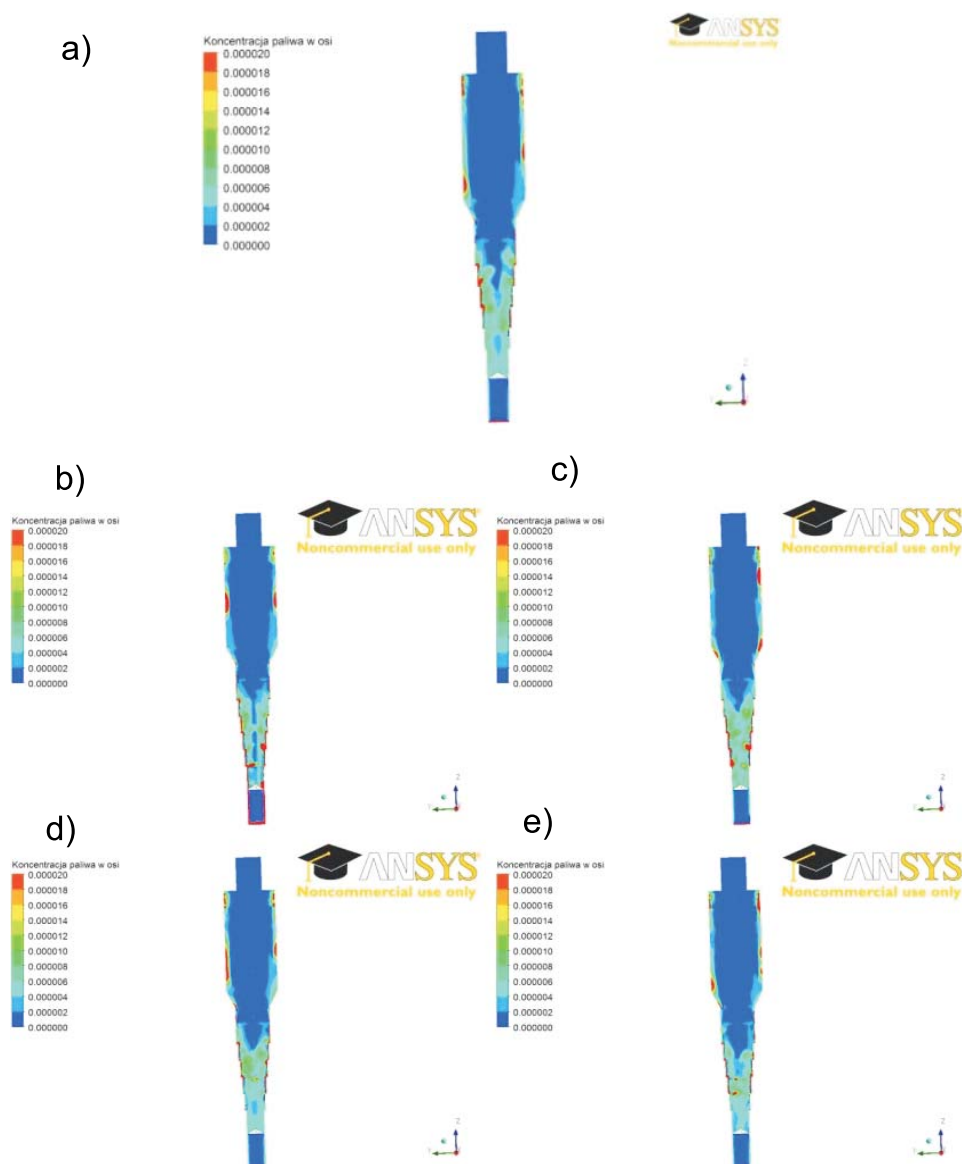
dla konfiguracji 1–5 wskazuje, że poprzez zmianę średnich prędkości wypływu gazu w przekrojach wylotowych dysz możliwe będzie spalanie pyłu węglowego nie tylko w pobliżu ścian, ale również w całej objętości komory PC1 (rys. 4d, 4e). Analiza rozkładów koncentracji wskazuje ponadto, że poprzez właściwy dobór średnich prędkości wypływu gazu napędowego w poszczególnych przekrojach wylotowych dysz, możliwe jest kontrolowanie przepływu ziaren paliwa pomiędzy poszczególnymi stopniami w centralnej części komory PC1.



Rys. 2. Koncentracja paliwa na ściankach przedpaleniska cyklonowego

Fig. 2. The concentration of fuel on the walls of the cyclone furnace

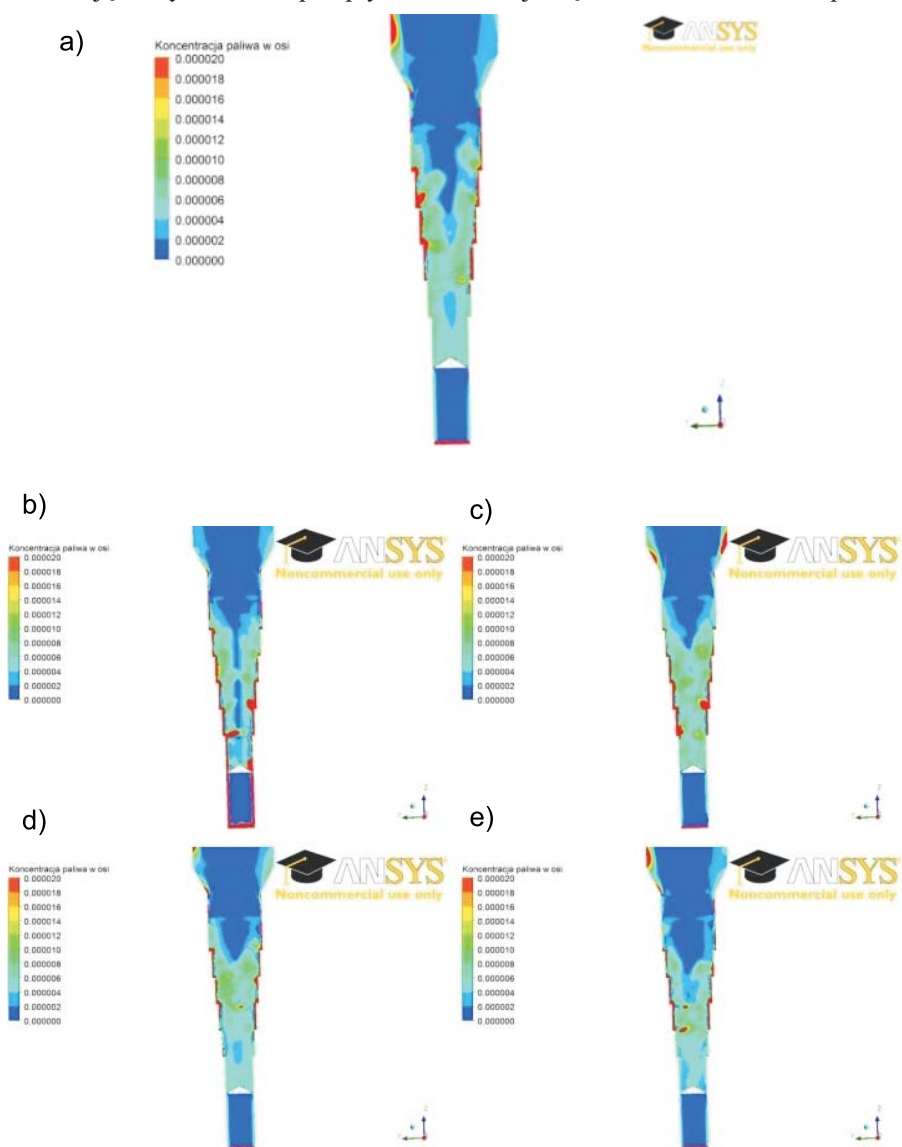
Jednym z parametrów, które mają istotny wpływ na przepływ ziaren paliwa w przedpalenisku cyklonowym jest pionowa składowa prędkości gazu. Analizując rozkłady pionowych składowych prędkości gazu wewnątrz przedpaleniska (rys. 5 i 6) – w zależności od średnich prędkości wypływającego gazu z przekrojów wylotowych dysz napędowych – zauważyć można, że zmiana prędkości gazu w przekrojach wylotowych dysz komory PC1 nie wpływa znacząco na hydrodynamikę przepływu w komorze PC2.



Rys. 3. Koncentracja paliwa w osi przedpaleniska cyklonowego

Fig. 3. The concentration of fuel in the axis of the cyclone furnace

Analizując przepływ w komorze PC1, w przypadku niższych średnich prędkości gazu w przekrojach wylotowych dysz napędowych (rys. 5b, c; 6b, c) w osi komory PC1 kształtuje się wyraźna strefa przepływu, w której gaz płynie pionowo w górę, zaś w sąsiedztwie ściany zewnętrznej komory widoczne są ujemne składowe prędkości gazu, co powodować będzie występowanie przepływu paliwa pionowo w dół w tym obszarze. Wzrost średniej prędkości w przekrojach wylotowych dysz napędowych (rys. 5a, d, e; 6a, d, e) powoduje z kolei destabilizację strefy „rdzenia” przepływu. Obserwuje się tam dodatnie wartości pionowych

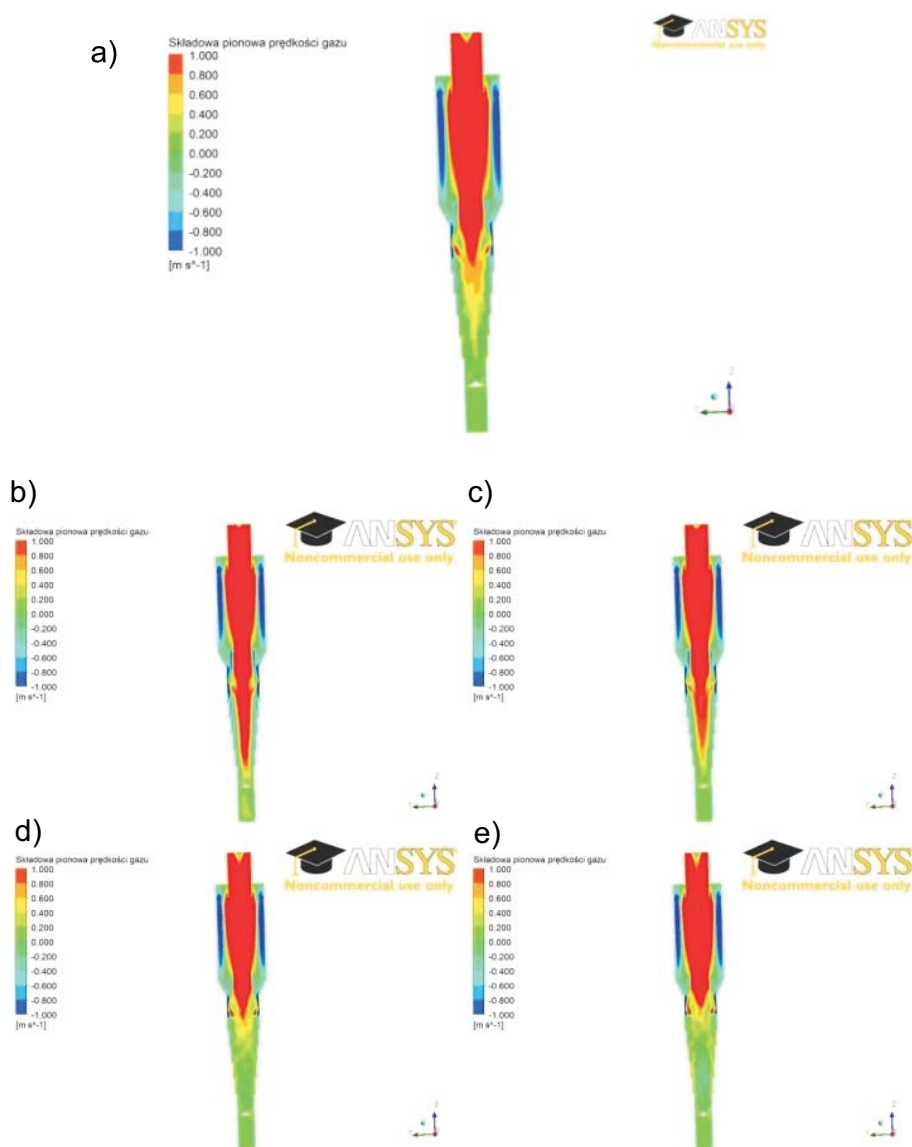


Rys. 4. Koncentracja paliwa w osi dolnej części przedpaleniska cyklonowego

Fig. 4. The concentration of fuel in the center of the lower part of the cyclone furnace

składowych prędkości gazu w całym przekroju komory PC1. Potwierdzeniem tego są rozkłady koncentracji paliwa na ściankach i wewnątrz komory PC1 (rys. 3 i 4), które świadczą o ograniczeniu przepływu ziaren paliwa do dolnej strefy komory PC1.

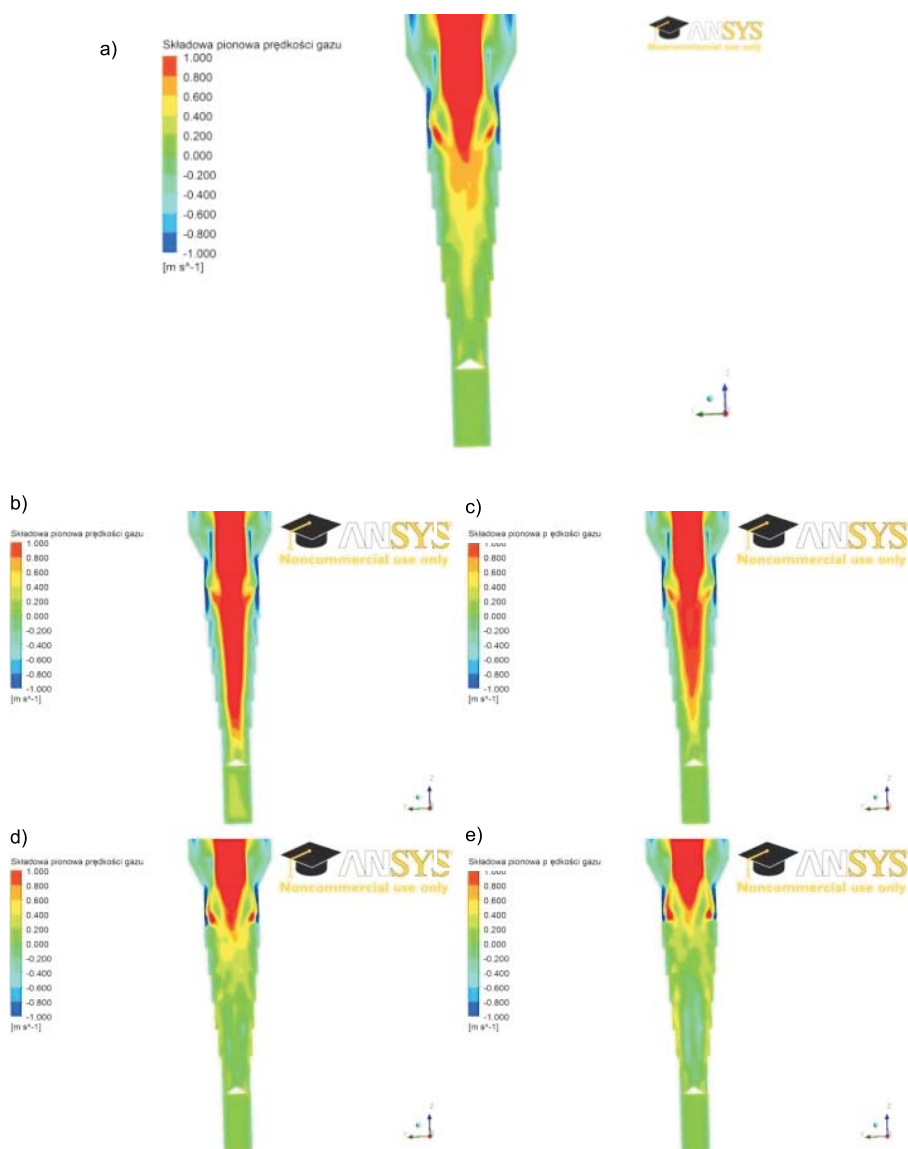
Biorąc pod uwagę rozkłady pionowych składowych prędkości (rys. 6.), stwierdzić można, że we wszystkich analizowanych przypadkach wewnątrz nurnika występują dodatnie wartości pionowych składowych prędkości. Zaś pomiędzy nurnikiem a ścianą przedpaleniska występują ujemne wartości pionowych składowych prędkości gazu. Taki rozkład



Rys. 5. Składowa pionowa prędkości gazu

Fig. 5. Vertical component of the gas velocity

składowej pionowej prędkości, przyczynia się to do ułatwiania przesypu ziaren paliwa z komory PC2 do PC1, a także uniemożliwia zablokowanie szczeliny przesypowej. Dodatkową funkcją zabudowanego nurnika jest także ograniczenie unosu pyłu węglowego przy przepływie paliwa z komory PC2 do PC1, co potwierdzają rozkłady koncentracji paliwa (rys. 3 i 4). Koncentracja paliwa wewnątrz nurnika w strumieniu gazów przepływających pionowo w górę jest bliska zeru.



Rys. 6. Składowa pionowa prędkości gazu w dolnej części przedpaleniska
 Fig. 6. Vertical component of the gas velocity in the lower part of the furnace

Podsumowanie

Nowa koncepcja geometrii pionowego przedpaleniska cyklonowego, omówiona w niniejszym artykule, pozwoli poprzez rozdział procesu spalania, na oddzielne spalanie części lotnych oraz pozostałości koksowej. Miejscem docelowym spalania części lotnych może być np. komora kotła pyłowego. Taki podział skutecznie przyczyni się do zmniejszenia obciążenia cieplnego w przedpalenisku cyklonowym, gdyż w komorze PC1 realizowany będzie tylko proces spalania pozostałości koksowej. Przeprowadzone obliczenia pozwoliły na wyznaczenie pola prędkości gazu oraz paliwa w przedpalenisku. Obliczenia wykazały, że dla rozpatrywanej geometrii przedpaleniska cyklonowego istnieje możliwość sterowania warunkami aerodynamicznymi (prędkość wypływu) w pewnym zakresie. Wyniki obliczeń dowiodły, że poprzez zmianę wartości średnich prędkości wypływu gazu w przekrojach wylotowych dysz możliwe będzie spalanie pyłu węglowego nie tylko w pobliżu ścian, ale również w całej objętości komory PC1. Koncepcja zastosowania wewnętrznego nurnika przyczyniła się do poprawy hydrodynamiki przepływu paliwa z komory PC2 do PC1, tworząc strefę przepływu gazu ułatwiającego transport paliwa pomiędzy nurnikiem a ścianą komory. Nurnik wewnętrzny w znacznym stopniu wyeliminował również unos drobnych frakcji paliwa w osi przedpaleniska z komory PC1 do PC2. Ustalone w ramach przedstawionych obliczeń parametry przepływowe mogą być punktem wyjściowym przy realizacji procesu spalania. Istnieje możliwość zabudowania przedpaleniska cyklonowego w już istniejących kotłach energetycznych. W przyszłości ta ewentualność może być wykorzystana przy zmianie pracy wybranych kotłów ze spalania powietrznego na oxyspalanie.

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

- BIS Z., CZAKIERT T., 2006 – Fluidalne spalanie węgla w atmosferze wzbogaconej tlenem. *Polityka Energetyczna* t. 9, z. spec., s. 329–342.
- BIS i in., 2011 – BIS Z., KOBYLECKI R., ZARZYCKI R., 2011 – Analiza cieplno-przepływowa przedpaleniska cyklonowego w warunkach oxy-spalania węgla. Raport wewnętrzny PStrateg 2/17/2011Dz (etap 37) z dnia 01.05.2011. Częstochowa.
- BIS i in., 2012 – BIS Z., KOBYLECKI R., ZARZYCKI R., 2012 – Opracowanie założeń konstrukcyjnych modelowego paleniska cyklonowego. Raport wewnętrzny PStrateg 2/13/2012/Dz (etap 37) z dnia 02.01.2012. Częstochowa.
- DEVAULT D.J., McDONALD D.K., 2006 – Cyclone furnace for oxygen fired boilers with flue gas recirculation. Patent US 2006/0201405.

- KALISKI i in. 2012 – KALISKI M., SZURLEJ A., GRUDZIŃSKI Z., 2012 – Węgiel i gaz ziemny w produkcji energii elektrycznej Polski i UE. *Polityka Energetyczna* t. 15, z. 4, 201–213.
- MAJA i in. 2010 – TOFTEGAARD M.B., BRIX J., JENSEN P.A., GLARBORG P., JENSEN A.D., 2010 – Oxy-fuel combustion of solid fuels. *Progress in Energy and Combustion Science* 36, 581–625.
- MALKO J., 2009 – Uwarunkowania polskiej polityki energetycznej. *Polityka Energetyczna* t. 12, z. spec. 2, 369–390.
- 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., 2010 – Fluidalne spalanie węgla w tlenie cz. I. *Energetyka Ciepła i Zawodowa* 2, s. 46–48.
- NOWAK W., CZAKIERT T., 2012 – Spalanie tlenowe dla kotłów pyłowych i fluidalnych zintegrowanych z wychwytywaniem CO₂. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa.
- RZEPA i in. 1987 – RZEPA K., ŻAMOJDO R., GŁĄBIK R., GUMULSKI A., ŚWIDERSKI M., 1987 – Palenisko cyklonowe do spalania odpadów tłuszczowych. Patent PRL 137038.
- SUCKEWER M., ŁUKOMSKI A., 1968 – Palenisko cyklonowe na paliwa ciekłe. Patent PRL 55034.
- WCA, 2012 – World Coal Association, 2012 – Coal Facts 2012 1–3, London.
- WICHLIŃSKI i in. 2012 – WICHLIŃSKI M., KOBYLECKI R., BIS Z., 2012 – Przegląd metod ograniczenia emisji rtęci w elektrowniach podczas spalania paliw stałych. *Polityka Energetyczna* t. 15, z. 4, 151–160.
- WÓJCICKI S., 1969 – Spalanie. WNT, Warszawa.
- ZARZYCKI i in. 2013 – ZARZYCKI R., KRATOFIL M., ŚCISŁOWSKA M., PAWŁOWSKI D., KOBYLECKI R., BIS Z., 2013 – Układ podawania paliwa do przedpaleniska cyklonowego. Złożono do druku.
- ŻAMOJDO i in. 1988 – ŻAMOJDO R., KRUCZEK S., SANDECKI A., BABIK W., MOKANEK R., 1988 – Sposób i palenisko cyklonowe do spalania niskokalorycznych gazów. Patent PRL 133939.

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

Analysis of the results of numerical calculations of the flow of pulverized coal and gas in a cyclone furnace

Abstract

This paper presents the concept of a vertical cyclone furnace for the oxycombustion of pulverized coal with liquid slag discharge. The furnace may either become an integral part of the PC boiler or be operated independently. The proposed furnace provides the conditions for separate combustion of the fuel volatiles and the fixed carbon residue. For this purpose, the furnace consists of two sections: the lower one, called PC1 and devoted to the combustion of the fixed carbon; and the upper one, PC2, where the combustion of the volatiles may occur. The results of the numerical calculations

focused on the determination of the gas and fuel velocities in the furnace indicated that the variation in gas velocities at the outlet cross-section of the nozzles of section PC1 offers the possibility to control and adjust over a wide range the hydrodynamics of the gas and fuel flows in the upper section, PC2. This finding is also confirmed by the distribution of the concentration of fuel particles at the furnace walls and in the interior. The results of the calculations also indicated that the application of an internal ram helped to improve the structure of the fuel flow between sections PC2 and PC1, particularly in the vicinity of the furnace walls. Through the application of a ram, it was also possible to minimize the carryover of fine fuel particles from section PC1 to PC2.

KEY WORDS: cyclone furnace, numerical modeling, oxy-combustion

