

mgr inż. Michał Ostrycharczyk
Wydział Mechaniczno-Energetyczny
Zakład Kotłów, Spalania i Procesów Energetycznych
michal.ostrycharczyk@pwr.edu.pl

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt.:

SPALANIE WĘGLA BRUNATNEGO W ATMOSFERZE WZBOGAZONEJ W TLEN DLA BLOKÓW ENERGETYCZNYCH PYŁOWYCH

Promotor:

dr hab. inż. Halina Pawlak-Kruczek, prof. PWR

Według danych Agencji Rynku Energii w Polsce całkowita zainstalowana moc polskich elektrowni w roku 2013 wyniosła ponad 39,4 GW gdzie elektrownie zawodowe opalane węglem brunatnym stanowiły ponad 9,2 GW mocy. Produkcja energii z tych jednostek wyniosła 56,1 TWh co stanowiło 34,1% całkowitej produkcji energii elektrycznej. Polska posiada kilka dużych i eksploatowanych złóż węgla brunatnego oraz złoża perspektywiczne, gdzie wymienia się udokumentowane pewne złoża w ilości 14 mld Mg i ponad 60 mld Mg w zasobach oszacowanych. Przewiduje się, że węgiel brunatny eksploatowany na aktualnym poziomie pokryje zapotrzebowanie na energię elektryczną przez najbliższe 150 lat. Wykorzystanie tego paliwa gwarantuje bezpieczeństwo energetyczne kraju.

Z drugiej strony sektor energetyczny jest oskarżany o negatywny wpływ emitowanych spalin, w szczególności CO₂, na klimat Ziemi. Dlatego w Europie przyjęto długofalowe regulacje w dziedzinie ochrony środowiska związane z przeciwdziałaniem zmianom klimatycznym. Rada Europejska w październiku 2014 przyjęła tzw. konkluzje gdzie wymienia się m.in. 40% unijny cel redukcji emisji gazów cieplarnianych na 2030 r. w odniesieniu do 1990 r. jako wkład Unii Europejskiej w globalne porozumienie klimatyczne.

Odpowiedzią na cele Unii Europejskiej są wymieniane na pierwszym miejscu technologie zmniejszające negatywny wpływ paliw konwencjonalnych na środowisko w procesie produkcji energii tj. czyste technologie węglowe jak i inne technologie redukujące emisje zanieczyszczeń wraz z emisją dwutlenku węgla. Spalanie tlenowe (spalanie w atmosferze wzbogaconej w tlen) stanowi potencjalną technologię umożliwiającą kontrolę emisji wielu zanieczyszczeń do atmosfery takich jak: CO₂, NO_x i SO_x dla elektrowni opalanych węglem. Jest też jedną z najbardziej obiecujących ze względu na możliwość modernizacji istniejących konwencjonalnych bloków węglowych. Stosowanie tlenu i dwutlenku węgla zamiast powietrza w procesach spalania pozwala na zwiększenie wydajności paleniska, zmniejszenie straty kominowej poprzez ograniczenie ilości spalin o około 80 %, poprawę warunków wymiany ciepła, ograniczenie emisji tlenków azotu (NO_x), podniesienie stopnia wypalenia paliwa. Stąd istotnym problemem technicznym stało się opracowanie optymalnej technologii produkcji energii ze spalania tlenowego w Polsce, której wybrane aspekty są przedmiotem pracy doktorskiej.

Celem pracy doktorskiej była analiza procesu spalania tlenowego polskiego węgla brunatnego o różnej zawartości wilgoci w atmosferze o zmiennym udziale gazów O₂/CO₂. Szczególną uwagę poświęcono badaniom wpływu zmiennej zawartości wilgoci w węglu brunatnym na poziom wypalenia paliwa, formowanie się i końcową emisję NO_x oraz SO_x. Badania miały na celu wskazanie czy możliwe jest zastąpienie technologii konwencjonalnego

spalania technologią oxy-spalania w polskich kotłach energetycznych i uzyskanie minimalnego wpływu na środowisko, bez wprowadzania znacznych zmian w konstrukcji kotła. W pracy wykonano także analizę zachowania się rtęci w procesie spalania tlenowego polskiego węgla brunatnego.

Zakres pracy obejmował wykonanie badań eksperymentalnych spalania i odgazowania węgla brunatnego na stanowisku izotermicznego reaktora przepływowego. Wykonano szczegółowe analizy wpływu rozkładu ziarnowego spalanego pyłu węglowego na stopień wypalenia i wielkość emisji zanieczyszczeń na stanowisku izotermicznego reaktora opadowego w warunkach oxy i powietrza. W wyniku badań określono zależność stopnia wypalenia paliwa od zawartości wilgoci początkowej paliwa ($W=15\div 33\%$) dla wybranych atmosfer O_2/CO_2 i powietrza. Określono wpływ zmiany atmosfery powietrza na atmosferę oxy-spalania przy jednoczesnej zmianie stężenia tlenu dla udziałów O_2 równych 15%, 20%, 25%, 30% (vol.) na emisję zanieczyszczeń gazowych NO_x i SO_2 za komorą spalania. Kolejno wyznaczono stopień konwersji siarki paliwowej do fazy gazowej do SO_2 , oraz przechodzącej do popiołu w warunkach oxy-spalania. W ramach prowadzonych badań analizowano wpływ atmosfery oxy-spalania na formowanie się SO_3 . W pracy przeanalizowano także problem emisji Hg z procesów spalania w powietrzu i mieszaninie O_2/CO_2 . Przeprowadzono badania nad wielkością retencji rtęci w popiele ze spalania tlenowego węgla brunatnego.

W końcowej części pracy wykazano, że przy doborze odpowiednich parametrów węgla brunatnego, a w szczególności zawartości wilgoci początkowej, można uzyskać efektywny proces spalania w zmodyfikowanej atmosferze wzbogaconej w tlen jak dla spalania w powietrzu, otrzymując potwierdzenie wcześniej stanowionych hipotez. Autor wnioskuje, że w atmosferze powietrza i atmosferach O_2/CO_2 uzyskuje się zbliżone wartości wypalenia paliwa w przedziale 94 – 98% dla wszystkich badanych zawartości wilgoci, oprócz $W=33\%$. Wraz ze wzrostem zawartości wilgoci w węglu od $W=15\%$ do $W=33\%$ dla atmosfer O_2/CO_2 i dla powietrza, pozostałość części palnych w popiele wzrasta z ok. 4% do 14%. Badania wykazały, że ze spalania węgla o zawartości wilgoci 15% uzyskiwano najmniejsze wartości pozostałości części palnych w popiele. Emisja NO_x (mg/MJ) z procesu spalania tlenowego pyłu węgla brunatnego w atmosferach o udziale $O_2 \leq 30\%$ jest zawsze niższa niż ze spalania w powietrzu. Udział NO_x w spalinach ze spalania tlenowego ściśle zależy od udziału O_2/CO_2 i rośnie dla wyższych stężeń tlenu. Analizując wyniki emisji siarki uzyskuje się proporcjonalny wzrost stężenia SO_2 w komorze paleniskowej do rosnącego udziału tlenu w atmosferze O_2/CO_2 . Obserwuje się także nieznaczny wzrost stężenia SO_3 w spalinach w atmosferach 20/80 i 30/70 w porównaniu do spalaniu w powietrzu. Wraz ze wzrostem udziału tlenu w atmosferze O_2/CO_2 rośnie stopień konwersji siarki paliwowej do SO_2 , od 0,64 do 0,96. Z analizy zachowania się rtęci w procesie spalania tlenowego wynika, że ilość rtęci wychwyconej w popiele w atmosferze 25/75 i 30/70 dla węgla brunatnego jest większa o około 10% w porównaniu do spalania w powietrzu. Przy czym w atmosferze powietrza retencja rtęci do popiołu wynosi ok. 70%.

Przedstawione w pracy doktorskiej rezultaty badawcze dostarczają ważnych wniosków, które wskazuje się za przydatne na etapie wdrażania technologii oxy-spalania polskiego węgla brunatnego w technologii pyłowej.

Michał Oszyński