



RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Szymon Ciukaj

pt.

"Wpływ łącznego spalania węgla i biomasy na prace kotłów pyłowych"

Wstęp

Recenzję pracy pt. " Wpływ łącznego spalania węgla i biomasy na prace kotłów pyłowych " mgr inż. Szymona Ciukaja opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii i Energetyki Politechniki Śląskiej z dnia 5.03.2012.

1. Aktualność tematyki

Czy współspalanie biomasy z węglem – paliwem rewolucji technicznej - jest „zielone” – to znaczy przyjazne środowisku? Pytanie to nie odnosi się tylko do współspalania lecz do spalania biomasy w ogóle, ponieważ biomasa utożsamiana jest dzisiaj głównie z drewnem, wobec czego pozyskiwanie biomasy kojarzy się ze ścinaniem drzew. Ponieważ większość ludzi dzisiaj postrzega drzewa jako element czystego środowiska, to niechętna jest wykorzystywaniu ich do produkcji energii. Historycznie, spalanie drewna – najstarszego paliwa człowieka - kojarzone jest dość powszechnie jako „brudne” spalanie. Podczas spalania szczególnie wilgotnego drewna powstaje dużo dymu o nieprzyjemnym zapachu zawierającego substancje kancerogenne, CO i niespalone węglowodory aromatyczne.

Większość paliw pochodzących z biomasy stwarza zdecydowanie mniejsze potencjalne zagrożenie zanieczyszczenia środowiska niż większość węgla. Biomasa jest praktycznie pozbawiona siarki (mniej niż 0,01 zawartości w węglu), posiada niską zawartość azotu (mniej niż 0,2 zawartości w węglu) oraz bardzo niską zawartość popiołu. Jednak wyjątki istnieją i jeśli zostanie utworzony system rzetelnej certyfikacji, mogą być skutecznie kontrolowane. Biomasa z wysokoproteinowych upraw, lub upraw intensywnie nawożonych, może zawierać znacznie podwyższoną zawartość azotu lub chloru, które mogą negatywnie oddziaływać na pracę kotłów energetycznych. Generalnie można przyjąć, że w odniesieniu do biomasy, ograniczenie emisji SO₂ i CO₂ jest pewnym biznesem we współspalaniu, natomiast zysk z obniżenia NO_x jest spekulacyjny oraz CO₂ z paliw kopalnych (w efekcie obniżenia sprawności kotła) także.

Zakres zmian wilgotności biomasy dostarczanej do elektrowni w celu współspalania może zmieniać się od maksimum 40 – 50% do minimum 15 – 30% (w odniesieniu do wilgotnej masy).

Jako krytyczne pozycje kosztów współspalania można wymienić następujące:

- koszt paliwa,
- koszt modyfikacji układów i urządzeń pomocniczych elektrowni (dodatkowe, nowe inwestycje), umożliwiające dostarczenie biomasy do elektrowni, magazynowanie oraz transport i dozowanie do komory paleniskowej kotła ,
- koszt obniżenia sprawności kotła oraz wymiany elementów powierzchni ogrzewalnych, ulegających przyspieszonemu zużyciu wskutek korozji wysokotemperaturowej.

Biorąc powyższe fakty pod uwagę uważam, że tematyka pracy doktorskiej jest **niezwykle aktualna o bardzo dużym znaczeniu praktycznym**, a przeprowadzony w wyczerpującej formie przegląd literatury uzasadnia celowość podjęcia tematu potwierdzając tym samym jego ważność dla energetyki krajowej.

W rozdziale drugim pracy doktorskiej Autor w zwięzły sposób sformułował zasadnicze cele rozprawy oraz konieczne do ich realizacji cele szczegółowe, w tym zwłaszcza:

- określenie czasu spalania cząstek biomasy w porównaniu do spalania węgla,
- zbadanie zależności między właściwościami węgla i biomasy a charakterystykami popiołów,
- zbadanie wpływu współmielenia węgla i biomasy na granulacje pyłów,
- zbadanie korozji wysokotemperaturowej i niskotemperaturowej,
- określenie wpływ współspalania na sprawność kotła oraz emisje zanieczyszczeń gazowych.

2. Elementy nowości

Obserwując różnego rodzaju wystąpienia na konferencjach, a także czytając literaturę fachową utrwalił się pogląd , iż współspalanie biomasy z węglem w kotłach pyłowych jest rozwiązaniem nie wymagającym większych nakładów inwestycyjnych, a dodatek ok. 10% biomasy nie powoduje istotnych zmian w procesie spalania paliwa podstawowego. Spalanie bezpośrednie biomasy w kotle pyłowym może odbywać się podając biomasę do instalacji przemiału węgla. Taki układ wielopaliwowy praktycznie występuje w wielu dużych kotłach energetycznych dając określone korzyści w postaci oszczędności na węglu, ale niestety powoduje dodatkowe problemy eksploatacyjne. W przypadku biomasy mamy do czynienia z paliwem, którego jakość i struktura są bardzo zróżnicowane co pociąga za sobą utrudnienia z przemiałem i podawaniem do paleniska. Faktycznie przemiał biomasy drzewnej jest niezwykle trudny, albo wręcz niemożliwy co istotnie ogranicza sortyment gatunków biomasy nadającej się do spalania w kotle pyłowym.

Podstawowym walorem przedstawionej rozprawy jest **wyczerpująca i wnikliwa analiza problematyki współspalania biomasy z węglem w kotłach pyłowych**, wskazująca na elementy pozytywne współspalania, ale również na szereg aspektów utrudniających pracę

kotła, a wręcz pogarszających jego dyspozycyjność. Taka kompleksowa analiza nie jest mi znana z dostępnej literatury przedmiotu. Doktorant nie poddał się rutynowym szablonom, ale gotowy jest do krytyki i polemiki w temacie współspalania.

Ponadto Autor uzyskał znaczące wyniki w obszarze modelowania procesów z uwzględnieniem aspektów technologicznych. Należą do nich między innymi:

- modelowanie czasu przebywania cząstki pyłu w komorze paleniskowej,
- modelowanie składu przyściennej warstwy spalin kotła energetycznego.

Ponadto za istotne elementy pracy uważam:

1. zaproponowanie sposobu rozpoznania procesów zachodzących w trakcie spalania biomasy i porównanie ich z procesem spalania węgla,
2. określenie szybkości spalania ziaren biomasy i węgla,
3. określenie własności popiołów przy współspalaniu biomasy,
4. zbadanie wpływu dodatku biomasy na wskaźniki zanieczyszczenia powierzchni,
5. zaproponowanie ciekawego rozwiązania konstrukcyjnego zmniejszającego zanieczyszczenia powierzchni oraz poprawę jakości produkowanego pyłu,
6. określenie charakterystyk przemiału biomasy i węgla i wpływu biomasy na prace zespołu młynowego,
7. kompleksowe i wyczerpujące badania korozji powierzchni i emisji zanieczyszczeń gazowych.

3. Uwagi krytyczne do rozprawy doktorskiej

1. W części dotyczącej szybkości spalania ziaren brakuje mi głębszej analizy teoretycznej zachodzących zjawisk. Jakie mechanizmy decydują o szybkości spalania ziaren biomasy i węgla? Czy kinetyka i mechanizm spalania ziaren byłyby jednakowe w przypadku oddzielnego spalania?
2. Pierwszym krokiem prowadzącym do osadzania się materiału na powierzchniach wewnętrznych palenisk jest kondensacja związków zawartych w fazie gazowej (głównie alkaliów) oraz osadzanie się ultradrobnych ziaren fazy stałej na powierzchni wymiennika w wyniku działania sił adhezji/kohezji. Osad taki tworzy swoisty 'film', na którym w wyniku dalszego zachodzenia różnorodnych procesów fizycznych bądź też reakcji chemicznych łatwo osadzają się kolejne warstwy fazy stałej powodując powstanie trudno usuwalnego nalotu. Autor powinien bardziej szczegółowo dokonać takiej analizy, a zwłaszcza wpływu związków fosforu.
3. Zmniejszeniu szybkości osadzania się fazy stałej przeciwdziałać może zmiana kształtu powierzchni ogrzewalnych bądź charakteru przepływu tak, aby zminimalizować czas kontaktu i wielkość strefy kontaktu spaliny – powierzchnia ogrzewalna. Autor proponuje zmianę kąta nakładek żebrowych, ale czy rozważał inne rozwiązania konstrukcyjne?
4. Brakuje w pracy analizy niepewności pomiarów.

5. Rzeczywiście decydujący udział w korozji ma HCl, ale czy inne halogeny – np. fluoru bądź bromu uczestniczą w procesie korozji?
6. Autor w rozdziale 9 zbadał wpływ podstawowych emisji zanieczyszczeń gazowych. Czy w świetle danych pokazanych w Tablicy „Źródła i rodzaj emisji zanieczyszczeń gazowych i stałych powstałych w procesie spalania biomasy” może skomentować pozostałe emisje

Paliwo	Rodzaj zanieczyszczenia
Wszystkie typy biomasy	CO, NO _x , N ₂ O, C _x H _y , smoła, koksik, popiół
Biomasa zawierająca S i Cl (miejskie odpady drzewne, słoma, trawa)	HCl, SO ₂ ,
Biomasa zawierająca metale ciężkie (miejskie odpady drzewne, osady ściekowe)	Pb, Zn, Cd, Cu, Cr, Hg
Biomasa posiadająca wysoką zawartość Cl	PCDD, PCDF

4. Podsumowanie

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska pt. " **Wpływ łącznego spalania węgla i biomasy na prace kotłów pyłowych** " mgr inż. Szymona Ciukaja zawiera rozwiązanie ważnego zadania naukowego jakim jest kompleksowa analiza wpływu dodatku biomasy do węgla na pracę kotła pyłowego.

Jej poziom merytoryczny uważam za bardzo wysoki. Rozprawa dowodzi dojrzałości naukowej doktoranta przejawiającej się w doborze tak istotnego dla energetyki tematu, prawidłowym i jasnym postawieniu problemu, logicznym i realistycznym ustawieniu zakresu pracy, a także opanowaniu warsztatu naukowego w zakresie: samodzielności, pracowitości i wytrwałości oraz uczciwości w prezentowaniu wyników i formułowaniu wniosków.

Oceniona rozprawa doktorska spełnia wymagania stawiane przez obowiązującą obecnie ustawę o stopniach i tytułach naukowych. Wobec powyższego, stawiam wniosek o dopuszczenie rozprawy do obrony publicznej. Uważam ponadto, że praca kwalifikuje się do wyróżnienia.