

ANDRZEJ WYCISK
KAROL KLIMANEK

Ciepłownia Rydułtowy, Rydułtowy

JOLANTA ROBAK
ZBIGNIEW ROBAK

Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze

Mieszalnik paliw stałych

Wprowadzenie

W strukturze zużycia nośników energii pierwotnej w Polsce dominującą rolę odgrywają paliwa stałe, w tym przede wszystkim węgiel kamienny. Wzrost cen węgla sortymentowych jest przyczyną zainteresowania energetycznym wykorzystaniem znacznie tańszych mułów węglowych. Jednocześnie założenia *Strategii rozwoju energetyki odnawialnej* z 2000 roku mówią o zwiększeniu udziału energii ze źródeł odnawialnych – w tym z biomasy – w krajowym bilansie paliwo-energetycznym.

Indywidualne spalanie mułów węglowych wymaga kotłów o specjalnej konstrukcji oraz dostosowania infrastruktury do fizycznych cech tego rodzaju paliwa. Stosowanie biomasy jako paliwa również wiąże się z koniecznością zastosowania urządzeń energetycznych przystosowanych do spalania paliwa o wysokim udziale części lotnych. Jedną z metod ominięcia tych problemów jest wytwarzanie mieszanek miazgi węglowo z mułem i/lub biomasa.

W pracy zaprezentowano koncepcję, konstrukcję oraz wyniki oceny skuteczności działania prototypowego mieszalnika o wydajności 40 Mg/h, służącego do sporządzania mieszanek paliw stałych. Umożliwia on optymalizację udziału składników oraz uzyskanie stałych w czasie właściwości energetycznych i fizykochemicznych mieszanek paliw, co jest warunkiem stabilnego przebiegu procesu spalania oraz uzyskania pozytywnych efektów energetycznych i ekologicznych [1, 2]. Możliwe jest także wykorzystanie go w koksownictwie do sporządzania jednorodnych mieszanek węglowych, co jest bardzo istotne z punktu widzenia technologii produkcji koksu [3, 4].

Konstrukcja mieszalnika

Istotną rolę w przebiegu procesu mieszania odgrywają właściwości fizykochemiczne mieszanych składników oraz konstrukcja stosowanego aparatu. Założono, że podstawowymi składnikami mieszanek wytwarzanych w projektowanym mieszalniku będą miazgi i muły węglowe oraz biomasa różnego rodzaju. Miazgi węglowe charakteryzują się niewielką spójnością, co umożliwia ich sprawne przesypanie, transport, mieszanie. Z kolei muły węglowe są materiałem o dużej spójności, trudnym do homogenizacji. Właściwości biomasy (rozdrobnienie, zawartość wilgoci oraz spójność) mogą być skrajnie różne w zależności od jej pochodzenia.

Przyjęto, że projektowany mieszalnik powinien być urządzeniem o działaniu ciągłym, którego konstrukcja musi zapewniać możliwość rozbijania dużych brył surowców, natomiast nie powinno w nim występować działanie zgniatające,

które powodowałyby powstawanie mieszanin w postaci past. Analiza konstrukcji różnych mieszalników oraz doświadczenia własne pracowników Ciepłowni Rydułtowy były podstawą opracowania projektu typoszerzemu mieszalników o wydajnościach od 30

do 100 Mg/h, spełniających postawione wyżej wymagania. Zaproponowano rozwiązanie w postaci mieszalnika z nieruchomą komorą i dwoma współosiowo umieszczonymi mieszadłami prętowymi, obracającymi się w przeciwnych kierunkach. Zadaniem mieszadeł jest rozbicie większych kawałków surowców oraz wprowadzenie materiału w ruch przeciwpływowo, umożliwiając jego dobre wymieszanie. Komponenty mieszanki podawane są przez zasyp umieszczony w górnej części komory mieszania, a gotowa mieszanka odbierana jest zsysem w dolnej części komory. Prototyp mieszalnika o wydajności 40 Mg/h przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Prototypowy mieszalnik paliw stałych

Metoda oceny skuteczności mieszania

Skuteczność działania typoszerzemu mieszalników oceniono w oparciu o określenie tendencji zmian w jednorodności mieszanek uzyskiwanych w mieszalniku prototypowym. Ze względu na włączenie ocenianego urządzenia w zespół urządzeń peryferyjnych, składających się na stację mieszania paliw, przyjęto dwa parametry oceny:

- stopień skuteczności działania stacji mieszania paliw, uwzględniający działanie mieszalnika oraz towarzyszących mu urządzeń peryferyjnych,
- stopień zmieszania mieszaniny, odnoszący się jedynie do precyzji działania mieszalnika.

Miara skuteczności działania stacji mieszania, mierzonej współczynnikiem jednorodności mieszaniny J , jest zbliżenie się rzeczywistych, oznaczonych doświadczalnie (D) właściwości mieszanek (zawartości popiołu i części lotnych) do obliczonych właściwości teoretycznych (T):

$$J = 100 - \left| \frac{T - D}{T} \right| \cdot 100 \quad (1)$$

Działanie mieszalnika oceniono na podstawie określenia stopnia zmieszania mieszaniny, informującego o oddaleniu układu od stanu idealnego (randomowego), zdefiniowanego wg Lacey'a [5] jako:

$$M_1 = \frac{\sigma_0^2 - \sigma^2}{\sigma_0^2 - \sigma_r^2} \quad (2)$$

$$M_2 = \frac{\sigma_0 - \sigma}{\sigma_0 - \sigma_r} \quad (3)$$

gdzie:

M_1 i M_2 – stany zmieszania liczone w stosunku do wariancji i odchylenia standardowego,

σ_0^2, σ_0 – wariancja i odchylenie standardowe mieszaniny, gdy mieszanie jeszcze nie nastąpiło,

σ_r^2, σ_r – wariancja i odchylenie standardowe mieszaniny randomowej,

σ^2, σ – wariancja i odchylenie standardowe badanej mieszaniny.

Tak zdefiniowany stopień zmieszania przyjmuje wartości od zera dla przypadku, gdy mieszanie jeszcze nie nastąpiło, do jedności dla stanu idealnego zmieszania.

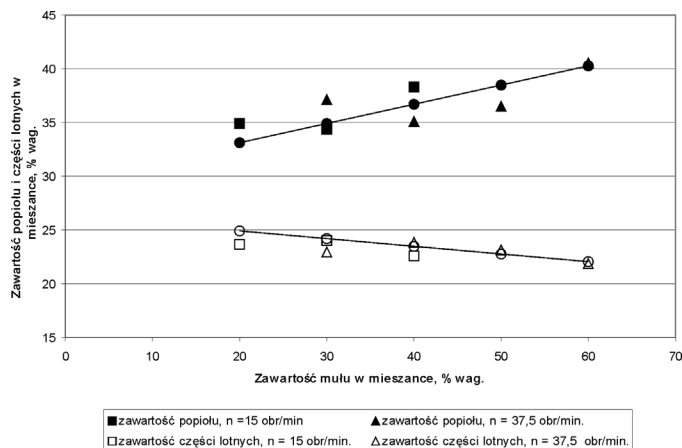
Skuteczność działania stacji mieszania i mieszalnika paliw

Badanie skuteczności działania stacji mieszania paliw przeprowadzono przy zmiennych prędkościach obrotowych podajników mułu węglowego i biomasy (n) oraz zmiennej, obliczeniowej zawartości biomasy i mułu w mieszance. W celu określenia skuteczności działania mieszalnika wykonano serię prób mieszania mialu i mułu węglowego przy stałej prędkości obrotowej podajnika mułu i stałym udziale mułu w mieszance. Uzyskane rezultaty na przykładzie mieszanki mial – muł węglowy przedstawiono na rys. 2 i w tabl. 1.

Współczynnik jednorodności mieszanin mial – muł (J) wynosił od 93,7 do 99,5% w odniesieniu do zawartości popiołu i 96,3 do 99,5% w odniesieniu do części lotnych. Zawartość popiołu i części lotnych w mieszankach oscylowała wokół ich zawartości teoretycznej. Zaobserwowano jednocześnie tendencję zbliżania się parametrów rzeczywistych do ich wartości teoretycznych wraz ze wzrostem ilości mułu w mieszankach. Prędkość obrotowa podajnika mułu węglowego w niewielkim stopniu wpływała na jednorodność wytworzonych mieszanek paliwowych.

Mieszanki mial – muł wytworzone przy niezmienniej prędkości obrotowej podajników i niezmiennym udziale komponentów charakteryzowały się wysokim stopniem skuteczności działania J , wynoszącym powyżej 95% (parametr oceniany – zawartość popiołu) i 98% (parametr oceniany – części lotne). Zbliżone do jedności wskaźniki stopnia zmieszania M_1 i M_2 świadczą o bardzo dobrej efektywności mieszalnika w stosunku do testowanych surowców. Przeprowadzona ocena statystyczna pozwoliła stwierdzić, że przyczyną zaobserwowanych wcześniej różnic pomiędzy parametrami rzeczywistymi i teoretycznymi było działanie urządzeń peryferyjnych towarzyszących mieszalnikowi.

Oznaczona w wytworzonych mieszankach mial – biomasa zawartość popiołu była wyższa a zawartość części lotnych niższa, niż oczekiwane zawartości teoretyczne. Rozbieżności pomiędzy teoretyczną a rzeczywistą zawartością komponentów mieszanki rosły wraz z zawartością biomasy i wzrostem prędkości obrotowej podajnika biomasy. Obserwacje te sugerują, że przyczyną odchylenia była praca podajnika biomasy, a nie efektywność działania mieszalnika. Muł węglowy ze względu na jego bardziej jednorodną strukturę fizyczną, stwarza mniejsze problemy w dozowaniu go do układu, niż biomasa.



Rys. 2. Rozrzut zawartości popiołu i części lotnych wokół wartości teoretycznych uzyskany dla mieszanek mial – muł węglowy

Tablica 1
Ocena statystyczna stopnia zmieszania mialu i mułu węglowego

Parametr oceniany	Zawartość popiołu	Zawartość części lotnych
Wariancja z próby σ^2	1,0100	0,0355
Odchylenie standardowe z próby σ	1,0050	0,1884
Stopień zmieszania M_1	0,9999	0,9999
Stopień zmieszania M_2	0,9926	0,9999

Podsumowanie

Przeprowadzone badania mieszalnika do sporządzania mieszanek paliw stałych pozwalają ocenić pozytywnie przedmiot badań i wnioskować o skutecznym działaniu całego typoszeregu o różnych wydajnościach.

Mieszalnik stanowić może kluczowy agregat linii sporządzania mieszanek paliwowych, półproduktów do otrzymywania paliw brykietowanych lub granulowanych oraz mieszanek koksowniczych. Konstrukcja i reżim pracy mieszalnika stwarzają również możliwość dodawania innych komponentów do wytwarzanych mieszanek paliwowych, np. modyfikatorów procesu spalania lub akceptorów siarki.

Opracowana i wdrożona do produkcji w Ciepłowni Rydułtowej w Rydułtowach koncepcja mieszalnika i stacji mieszania daje możliwość rozbudowania typoszeregu mieszalników o większe wydajności oraz stosowania większej ilości komponentów mieszanek o różnych właściwościach.

Zarówno mieszalnik, jak i dostosowana do niego stacja mieszania paliw są przedmiotem zgłoszeń patentowych w Urzędzie Patentowym RP.

LITERATURA

1. K. Kubica, J. Raińczak, S. Rzepa, M. Ściążko: Influence of „Biofuel” addition on emission of pollutants from fine coal combustion, Proc. 4th Polish-Danish Workshop on Biofuels, s. 63, Starbienie, 1997.
2. K. Kubica: Materiały z Konferencji „Odnawialne źródła energii u progu XXI wieku”, s.419 Warszawa, 2001.
3. P. Wasilewski, A. Mianowski, Z. Smyk, A. Borówka: Prace studenckich obozów naukowo-badawczych, Gliwice, Politechnika Śląska, nr 2, 59, 1980.
4. A. Mianowski, E. Motyka, B. Róg, Z. Robak: Prace studenckich obozów naukowo-badawczych, Politechnika Śląska Gliwice, nr 2, 65, 1980.
5. F. Strępek: Mieszanie i mieszalniki, Warszawa, WNT, 1981.