

Józef FLIZIKOWSKI¹, Tomasz TOPOLIŃSKI^{1,2}, Jan JASIŃSKI², Damian WELNOWSKI²

e-mail: fliz@utp.edu.pl

¹Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

²GORDEN Sp. z o.o., Bydgoszcz

Inżynieria energomechaniczna biomasy. Cz. III: Zasoby

Wprowadzenie

Do najważniejszych aspektów współspalania biomasy należą: ograniczona dostępność zasobów i eliminowanie niekorzystnych zjawisk podczas współspalania. Dostępność biomasy dla celów energetycznych należy rozpatrywać w kategoriach globalnych i regionalnych. Dla zapobieżenia licznym, niekorzystnym zjawiskom współspalania biomasy konieczne jest zapewnienie powtarzalnego mielenia biomasy na jak najdrobniejsze frakcje stałe.

Celem zadań modernizacyjnych był opis i analiza warunków technicznych [Flizikowski i in., 2013], szczególnie mikronizacji biomasy [Topoliński i in., 2013] niezbędnych do zaistnienia wysokiej efektywności energetycznej jej współspalania z węglem. Do osiągnięcia tego celu przeprowadzono opisane w niniejszej pracy postępowanie przygotowawcze obejmujące określenie dostępności i przydatności biomasy do celów energetycznych, w tym do nowej techniki mikro-rozdrabniania (mikronizacji).

Dostępność biomasy

Definicja biomasy w polskim prawodawstwie pojawiła się w *Rozporządzeniu Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej* z dnia 30 maja 2003 roku. Biomasa, to *substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej lub leśnej, a także przemysłu przetwarzającego ich produkty, a także inne części odpadów, które ulegają biodegradacji*. Do biomasy energetycznej nie zalicza się odpadów drewna, które mogą zawierać związki chlorowcopochodne, metale ciężkie lub ich związki powstałe w wyniku obróbki drewna z użyciem środków do konserwacji lub powlekania [Kryszak, 2005; Soliński i Jesionek, 2007; Ściążko i in., 2006].

Ze względu na stopień przetworzenia można podzielić biomasę na trzy grupy:

- Surowce energetycznie pierwotne – drzewo, słoma,
- Surowce energetycznie wtórne – obornik, gnojowica,
- Surowce energetycznie przetworzone – biogaz, biometanol, estry olejów roślinnych [Flizikowski, 2011; Flizikowski i Bieliński, 2013, Kryszak, 2005].

Biomasę przeznaczoną na cele energetyczne dzieli się na:

- pochodzącą z plantacji roślin energetycznych,
- pochodzącą z produkcji rolnej,
- pochodzenia drzewnego [Flizikowski, 2011].
- Właściwości fizykochemiczne biomasy istotnie różnią się od węgla energetycznego spalanego w kotłach. Do najważniejszych różnic należą:
 - niższa od węgla wartość opałowa na jednostkę objętości,
 - duża wilgotność surowej biomasy (rzędu 45-60%),
 - wyższa zawartość części lotnych w stosunku do węgla kamiennego, 2,5 razy,
 - mniejsza zawartość związków azotu i siarki, co skutkuje niższą emisyjnością szkodliwych tlenków do atmosfery,
 - znaczna zawartość chloru (zwłaszcza w słomie zbożowej), co sprzyja zjawisku korozji w wysokich temperaturach [Flizikowski, 2011; Flizikowski i Bieliński, 2013; Kryszak, 2005].

Możliwości pozyskiwania biomasy uwarunkowane są specyficznymi charakterystykami każdej grupy. Wykorzystanie powierzchni rolnej na potrzeby plantacji energetycznych jak i produkcję np. słomy, może

w przyszłości powodować konflikty ze względu na ograniczoną podaż gruntów. Kolejnym potencjalnym konfliktem może stać się spór o ekologiczne wykorzystanie lasów i sposoby pozyskiwania z nich drewna na cele energetyczne. Odrębną sprawą jest stan i możliwości przerobowe przemysłu energetycznego, który musi poczynić znaczne inwestycje (innowacje, modernizacje, optymalizacje), aby móc w pełni korzystać z zalet biomasy.

Szacuje się, że *biomasa pochodząca z plantacji energetycznych* w niedalekiej przyszłości będzie głównym źródłem zaopatrzenia przemysłu energetycznego. Według szacunków różnych źródeł, przewiduje się, że energia z biomasy może stanowić 90% całości energii pozyskiwanej z OZE, w tym biomasa pochodząca z upraw energetycznych będzie stanowiła 70% [Kryszak, 2005].

Ilość słomy będącej do zagospodarowania na cele energetyczne, jako różnica pomiędzy całkowitą produkcją a zużyciem w rolnictwie, wyniosła 11,6 mln ton w roku 2001 [Flizikowski, 2011; Flizikowski i Bieliński, 2013]. W województwie kujawsko-pomorskim szacunkowa ilość słomy do celów energetycznych wynosi ok 1,1 mln ton. Podlega ona cyklicznym wahaniom będącym pochodną aktualnej koniunktury produkcji rolnej (zamykanie lub otwieranie przez rolników działów produkcji rolnej, zużywających słomę jako ściólkę dla zwierząt, ściólkę dla uprawy pieczarek, itp.). Należy jednak optymistycznie patrzeć na możliwość produkcji słomy ze względu na utrzymujące się wysokie ceny zbóż zachęcające rolników do ich uprawy.

Słoma jako biomasa energetyczna

Słoma jako wysuszone żdźbła zbóż nadaje się bardzo dobrze do spalania, niezależnie od tego z jakiego rodzaju zboża pochodzi.

Słoma ze względu na charakter i postać występowania jest łatwa w przechowywaniu, jednak podczas dłuższego przechowywania na otwartej przestrzeni zwiększa się jej wilgotność. Wilgotność świeżo zebranej słomy może zawierać się w przedziale (12÷22) %, co jest ściśle związane z warunkami atmosferycznymi podczas jej zbioru [Laurow Z., 2003; Soliński i Jesionek, 2007; Ściążko i in., 2006].

Poziom wilgotności w słomie warunkuje jej przydatność do spalania (Tab. 1) – zbyt wilgotna słoma (powyżej 24%) powoduje zmniejszenie wartości uzyskanej całkowitej energii oraz podwyższoną emisję zanieczyszczeń. Dodatkowo zwiększony poziom wilgotności utrudnia transport, proces mielenia i podawania do kotła parowego [Flizikowski, 2011; Kryszak, 2005].

Tab. 1. Wartość opałowa słomy [Flizikowski, 2011; Kryszak, 2005]

Rodzaj słomy	Wartość opałowa słomy, MJ/kg		Wilgotność słomy świeżej, %
	suchej	świeżej	
Pszenna	17,3	12,9÷14,9	12,0÷22,0
Jęczmienna	16,1	12,0÷13,0	12,0÷22,0
Kukurydziana	16,8	3,3÷7,2	30,0÷70,0

Słoma w postaci nieprzetworzonej (luźne żdźbła) jest uciążliwa dla przemysłu energetycznego, głównie ze względu na dużą różnorodność oraz małą wartość energetyczną na jednostkę objętości. W celu polepszenia przydatności słomy do spalania można poddać ją brykietowaniu lub pelletowaniu, a przede wszystkim precyzyjnemu mieleniu, mikronizacji. Procesy te polegają na ciśnieniowej aglomeracji (granulowaniu) w specjalnych prasach, gdzie siły zewnętrzne (naciski zagęszczające) oraz wewnętrzne (wiązania międzycząsteczkowe) z postaci sypkiej

zmieniają materiał w trwałą, zbitą postać o zwiększonej koncentracji i gęstości [Kryszak, 2005].

Korzyści płynące z tego procesu są następujące:

- obniżenie poziomu wilgotności, zwiększenie koncentracji energii w jednostce objętości,
- homogenizacja paliwa umożliwiająca zautomatyzowanie procesu spalania,
- możliwość spalania we wszystkich typach kotłów rusztowych,
- niższe koszty transportu i składowania związane ze zwiększeniem gęstości biomasy,
- praktycznie wyeliminowanie problemu samozapłonu podczas przechowywania [Flizikowski, 2011; Kryszak, 2005].

Słoma przetworzona występuje w dwóch rodzajach nośników, jako:

- **pellety** – granulaty opałowe, czyli granulaty paliwa odnawialnego o średnicy 10÷25 mm i średnicy 6÷10 mm. Pellety wyprodukowane ze słomy posiadają wartość opałową na poziomie 16÷18 MJ/kg,
- **brykiety** – paliwo odnawialne w postaci walców o długości 100÷300 mm, średnicy 50÷120 mm.

Wartość opałowa słomianych brykietów wynosi 15÷17 MJ/kg [Laurow, 2003]. Brykiet o masie 1 kg, wykonany ze słomy jest równoważny energetycznie [Flizikowski i Bieliński, 2013]:

- 0,33 kg oleju opałowego,
- 0,38 m³ gazu ziemnego,
- 0,62 kg węgla kamiennego.

Instalacja do przygotowania pyłu biomasy

W instalacji można wyróżnić trzy główne strefy:

- czyszczenie,
- przemiał,
- podawanie.

Instalacja będzie obejmowała następujące elementy:

- zbiornik pośredni biomasy, o dużej pojemności (np. 410 m³), wyposażony w wentylator i filtr pulsacyjny,
- przenośnik łańcuchowy, zabudowany pod zbiornikiem pośrednim, który podaje biomase na przenośnik kubełkowy,
- przenośnik łańcuchowy, odbierający biomase z przenośnika kubełkowego,
- przenośnik łańcuchowy, zabudowany pod przenośnikiem kubełkowym, który ma podawać biomase przez pneumatyczne zasusy do pięciu zespołów separująco-mlewnikowo-ważących [Flizikowski, 2011; Flizikowski i Bieliski, 2013; Soliński i Jesionek, 2007; Ściążko i in., 2006].

Wstępny projekt wykonania zbiornika pośredniego na biomase zakłada, iż będzie to zbiornik walcowy pionowy o średnicy 7520 mm i wysokości 1595 mm. Przyjęto gęstość usypową biomasy równą 0,6 t/m³. Z tego zbiornika biomase transportowana jest za pomocą układu przenośników – kubełkowego i łańcuchowego.

Następnie strumień biomasy kierowany jest do pięciu zbiorników buforowych, każdy o pojemności 2 tony. Ze zbiorników pośrednich za pomocą pięciu wybieraków ślimakowych biomase jest kierowana do pięciu mlewników. Nad przenośnikami zainstalowano pięć separatorów magnetycznych w celu wylapywania stalowych zanieczyszczeń.

Oczyszczona biomase wpada do pięciowych walcowych mlewników o długości walca 1250 mm i średnicy ok. 300 mm (po modernizacji – innowacyjne mikronizatory). Pod młynami zainstalowano pięć wag, do ważenia ilość zmielonej biomasy, którą następnie pobiera się pięcioma wybierakami dwuślimakowymi. Ilość potrzebnej w danym momencie biomasy obliczana jest przez urządzenie sterujące.

Rozdrobniona biomase transportowana jest następnie do zbiornika zasypowego zasilacza śluzowego, a stamtąd – pneumatycznie do zbiornika pośredniego.

Zalety i wady biomasy oraz jej spalania

Podsumowując można wyróżnić następujące zalety opisanego surowca i procesu:

- brak emisji CO₂ (bilansowe zero),
- aspekt ekologiczny dzięki zastępowaniu paliw kopalnych przez odnawialne źródła energii,
- ograniczenie emisyjności związków SO₂, NO_x w porównaniu z spalaniem węgla kamiennego dzięki niższej zawartości związków siarki i azotu w biomasie,
- możliwość zastosowania biomasy o różnym pochodzeniu, w zależności od aktualnej dostępności w regionie, co stymuluje lokalne rolnictwo do produkcji nie spożywczej, gwarantującej stabilny zysk,
- przyszłościowe źródło energii dla przemysłu energetycznego w Polsce [Flizikowski, 2011; Kryszak, 2005].

Z kolei do wad biomasy i procesu jej spalania należą:

- mniejsza wartość opałowa w przeliczeniu na jednostkę objętości w stosunku do węgla kamiennego,
- duża zawartość wilgoci, dochodząca nawet do 60% w surowej biomasie,
- znaczna zawartość chloru (zwłaszcza w słomie zbożowej), powodującego korozję chlorową instalacji,
- potencjalne zagrożenie pożarem i wybuchem pyłu biomasy,
- problemy związane z magazynowaniem i transportem,
- nasilenie zjawiska zużycia na powierzchniach wewnętrznych kotła,
- konieczność budowy dodatkowej instalacji do przygotowywania i dostarczania biomasy do komory spalania (większe zużycie energii elektrycznej na potrzeby własne instalacji) [Flizikowski, 2011; Laurow, 2003; Popiel, 2011; Soliński i Jesionek, 2007; Ściążko i in., 2006].

LITERATURA

- Flizikowski, J., 2011. *Micro- and Nano-energy grinding*. PANSTANFORD Publishing, Singapore (ISBN-10 9814303534)
- Flizikowski J., Bieliński K., 2013. *Technology and energy sources monitoring. Control, Efficiency and Optimization*. IGI Global, USA, (ISBN 978-1-4666-2664-5)
- Flizikowski J., Topoliński T., Jasiński J., Welnowski D., 2013. Inżynieria ergo-mechaniczna biomasy. Cz. I: Współspalanie. *Inż. Ap. Chem.* 52, nr 1, 6-8
- Kryszak J., 2005. *Wykorzystywanie biomasy dla pozyskiwania energii odnawialnej*, Wyd. Akad. Roln., Poznań
- Laurow Z., 2003. *Ekologiczne uwarunkowania pozyskiwania biomasy cele energetyczne w leśnictwie*. Konferencja naukowo-techniczna: Możliwości wykorzystania biomasy na cele energetyczne, Malinówka.
- Popiel P.: *Wpływ współspalania biomasy z pyłem węglowym na stratę niedopału*, Pr. Inst. Elektrotechn., Pol. Lubelskiej z. 249
- Soliński I., Jesionek J., 2007. *Efekty ekologiczne współspalania biomasy z węglem kamiennym*, Warsztaty: Współspalanie biomasy i termiczna utylizacja odpadów w energetyce, Kraków
- Ściążko M., Zuwała J., Pronobis M., 2006. Zalety i wady współspalania biomasy w kotłach energetycznych na tle doświadczeń eksploatacyjnych pierwszego roku współspalania biomasy na skalę przemysłową, *Energetyka i Ekologia*, nr 3, 207-220
- Topoliński T., Flizikowski J., Jasiński J., Welnowski D. 2013. Inżynieria ergo-mechaniczna biomasy. Cz. II: Mikronizator. *Inż. Ap. Chem.* 52, nr 1, 9-10

Badania finansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w latach 2010-2013 jako projekt rozwojowy i UDA-POIG. 01.04.00-04-003/11-00