

Steam explosion method – efficient pretreatment of lignocellulosic biomass for biogas conversion

Sławomir Kurpaska¹, Paweł Kiełbasa¹ Stanisław Famielec¹
and Jakub Sikora¹

¹ Faculty of Production and Power Engineering, University of Agriculture in Krakow, Poland
rtkurpas@cyf-kr.edu.pl

Kraków 28 stycznia 2020 r.

Możliwość wykorzystania metody steam explosion w przygotowaniu biomasy lignocelulozowej do konwersji na biogaz. Produkcja biogazu w UE, a tym bardziej w Polsce jest zbyt mała, a wynika to między innymi z ograniczeń poznawczych i technologicznych. Obecnie prowadzona produkcja biogazu oparta jest głównie o substraty produkowane celowo.

Dążąc do tego by biogaz produkować głównie w oparciu o pozostałości poprodukcyjne, pochodzące z polowej produkcji roślinnej (biomasę lignocelulozową) poszukuje się ciągle metod jej obróbki by stanowiła ona dobry substrat do konwersji w biogaz. Szacowany potencjał biomasy lignocelulozowej, możliwy do produkcji biopaliw, w tym biogazu, jest bardzo duży i w Polsce wynosi ok. 22 mln t rocznie

Spośród wielu metod przygotowania masy lignocelulozowej do konwersji na biogaz najbardziej obiecującą wydają się metoda steam explosion. Pozytywne wyniki badań z zastosowania tej metody polegają między innymi na możliwości zastosowania różnych surowców lignocelulozowych w produkcji biogazu, zwiększenia wydajności procesu, jego dynamiki, ułatwieniu transportu biomasy do reaktora.

Alternatywne substraty do produkcji biopaliw II generacji

Poszukiwanie alternatywnych substratów do produkcji biopaliw II generacji ukierunkowuje badania na wykorzystanie surowców lignocelulozowych, będących pozostałościami poprodukcyjnymi rolniczymi, leśnymi, komunalnymi lub uprawy dedykowane. Produkcja biopaliw z biomasy lignocelulozowej, głównie pochodzącej z pozostałości poprodukcyjnych, nie stanowi uszczerbek dla produkcji żywności.



Metoda wybuchu pary – korzystne przygotowanie biomasy lignocelulozowej do konwersji na biogaz

Metoda ta polega na ogrzewaniu biomasy lignocelulozowej w zamkniętym układzie do temperatury zwykle od 160 do 220 °C, powodując wzrost ciśnienia do ok. 32 bar. Po czasie retencji około 5 do 60 minut, ciśnienie jest gwałtownie obniżane do poziomu ciśnienia atmosferycznego. W trakcie tej operacji następuje również gwałtowny spadek temperatury. Ten nagły spadek ciśnienia powoduje, że wewnątrzkomórkowa woda bardzo szybko wyparowuje powodując zjawisko znane, jako wybuch pary lub eksplozja fazy. Siły te powodują pękanie komórek i otaczające włókno. Wybuch pary powoduje, że substraty stają się bardziej podatne na ich biokonwersji w biogaz lub etanol.



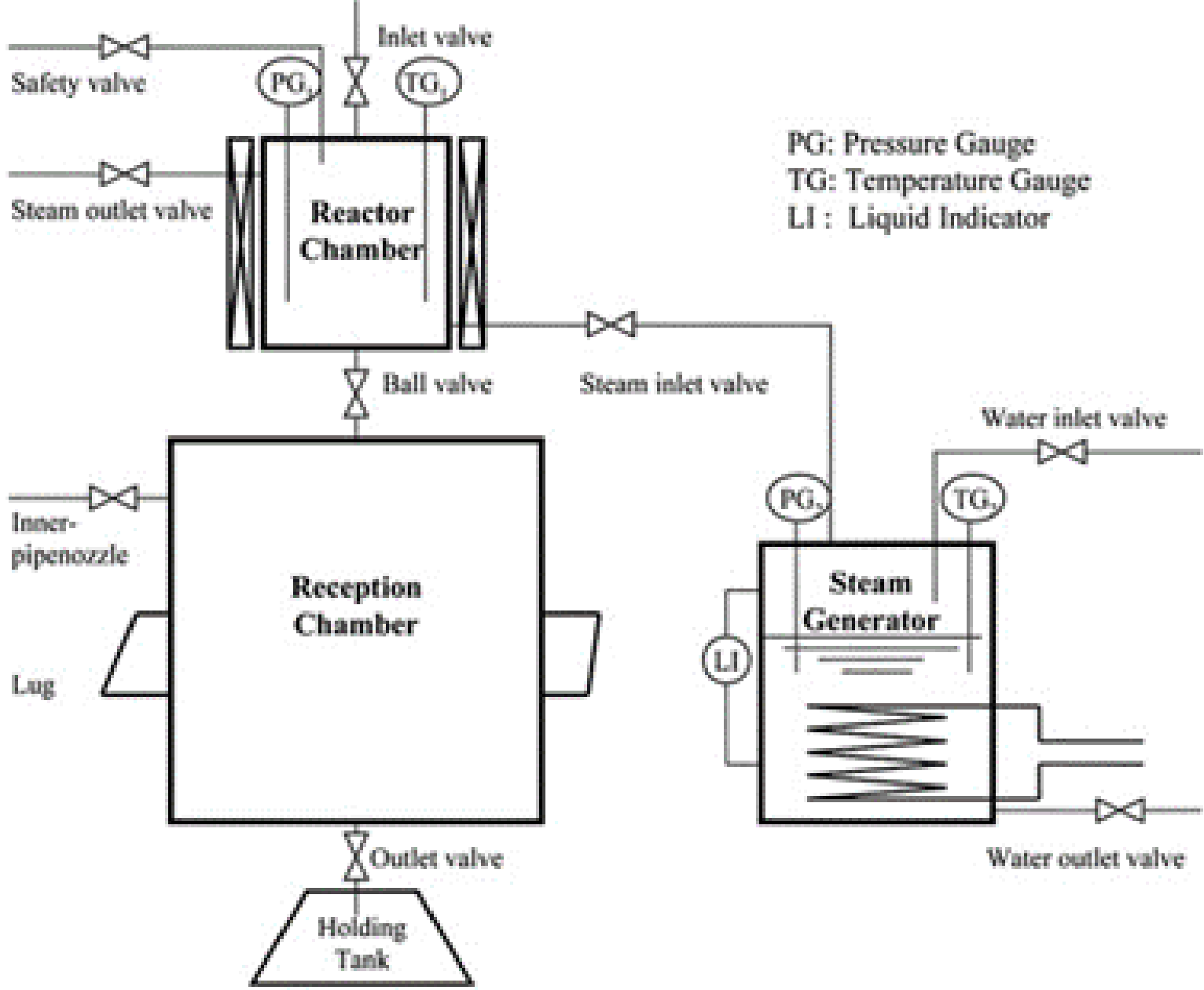


Fig. 1. Schemat systemu wybuchu pary

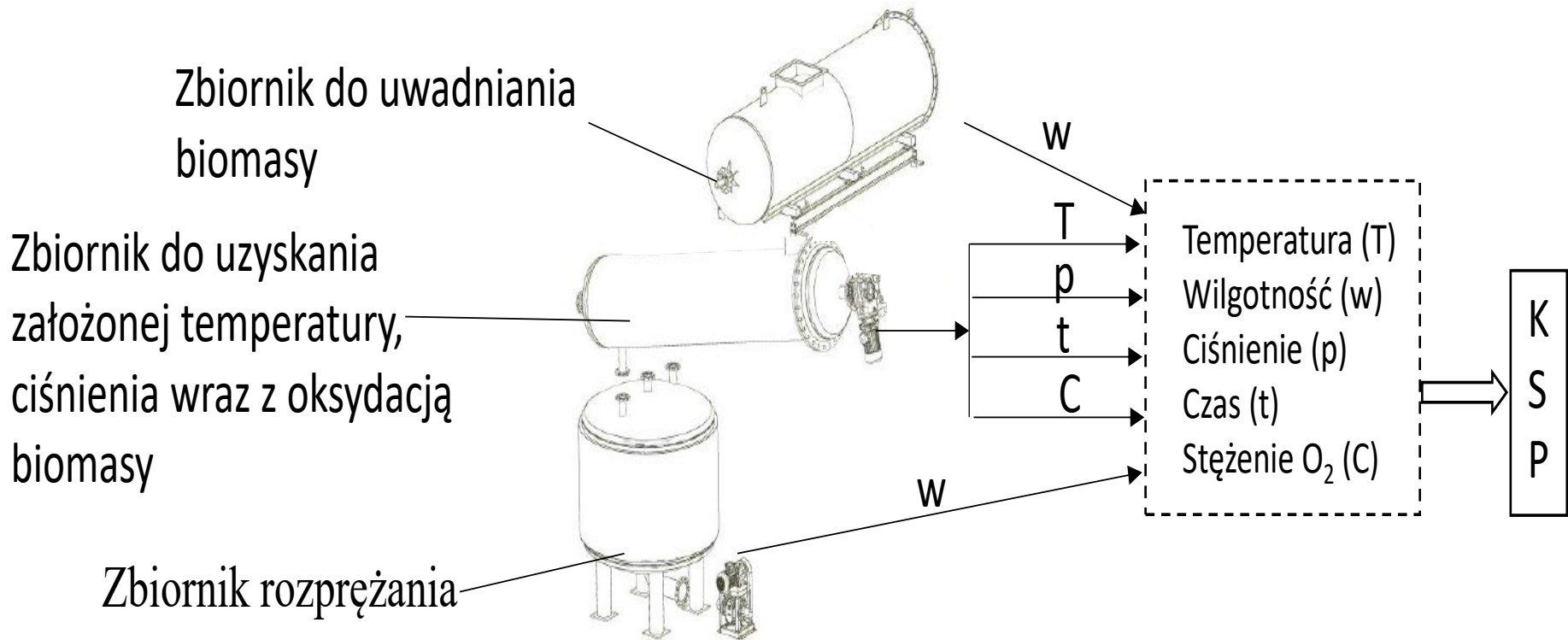


Fig. 2. Schemat układu reaktora wstępnej obróbki parowej

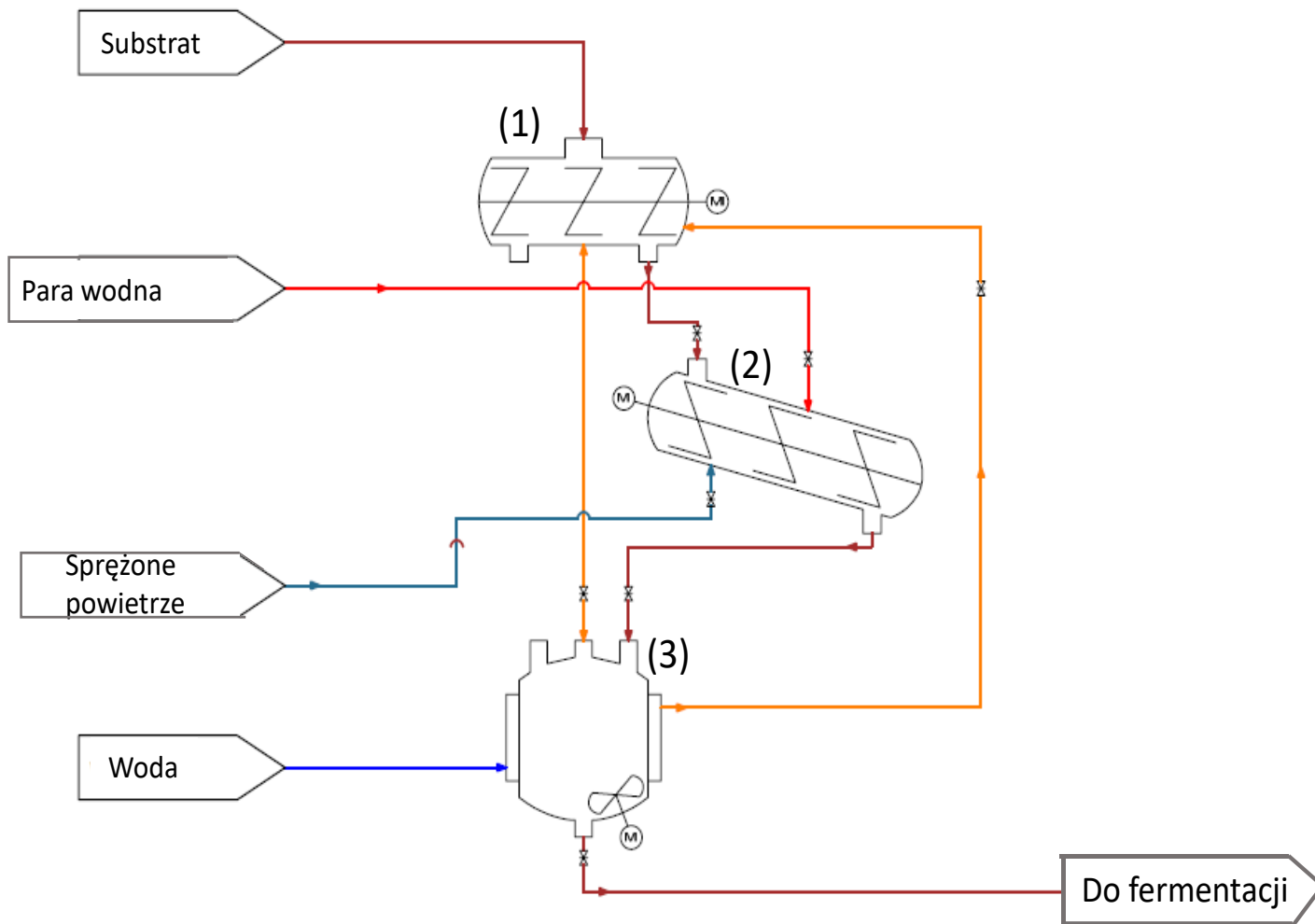


Fig. 3. Przepływ strumieni w metodzie steam explosion

Tab. 1. Wady i zalety stosowania metod obróbki wstępnej substratów lignocelulozowych

Metoda obróbki wstępnej	Zalety	Wady
Mechaniczne rozdrobnienie	Redukcja krystaliczności celulozy	Zużycie energii przewyższające ilość wytworzonej energii.
Eksplozja pary wodnej	Degradacja hemicelulozy, transformacja ligniny, wysoka opłacalność.	Zniszczenie części ksyfanów, niekompletne przerwanie macierzy lignina – węglowodany, tworzenie inhibitorów.
AFEX	Zwiększenie powierzchni właściwej, usunięcie ligniny i celulozy, brak inhibitorów.	Brak efektów w przypadku substratów o dużej zawartości ligniny.
Działanie dwutlenkiem węgla	Zwiększenie powierzchni właściwej, opłacalność, brak inhibitorów.	Brak wpływu na ligninę i hemicelulozę.
Kwasowa	Hydroliza hemicelulozy do ksylozy i innych cukrów, zmiana struktury ligniny.	Wysokie koszty, możliwość powodowania korozji, formowanie inhibitorów.
Alkaliczna	Usunięcie ligniny i hemicelulozy, zwiększenie powierzchni właściwej.	Długi czas trwania.
Biologiczna	Degradacja ligniny i hemicelulozy, niskie zapotrzebowanie energii.	Bardzo powolny przebieg hydro-lizy.

W przypadku drewna i słomy podczas obróbki steam-explosion uzyskano odpowiednio wydajność metanu około 0,2 m³/kg s.m. i 0,3 m³/kg s.m.. Z drugiej strony, po chemicznej obróbce słomy przy użyciu 8% NaOH (bez steam-explosion) uzyskana wydajność metanu była mniejsza, ale tylko o około 0,2 m³/kg s.m.. Ponadto obróbka z użyciem procesu wybuchowego parą była skuteczna tylko wtedy, gdy dodano substancje chemiczną (NaOH lub oba NaOH i H₂O₂) do zawiesiny podczas obróbki. Eksplozja pary z dodatkiem 2% NaOH i 2% H₂O₂ dała około 0,5 m³/kg s.m. metanu, podczas gdy obróbka metanem po wybuchu parowym z dodatkiem samego 2% NaOH wynosiła około 0,4 m³/kg s.m..

Potencjał ubocznej biomasy lignocelulozowej w Polsce, możliwej do wykorzystania na cele produkcji biopaliw II generacji

Korzystając z danych statystycznych dotyczących powierzchni upraw analizowanych roślin i ich plonów oraz przeliczników wyrażających stosunek masy plonu do masy słomy, oszacowano masę słomy możliwej do wykorzystania na cele energetyczne.

Szacunkowy potencjał ubocznej biomasy lignocelulozowej w Polsce wynosi:

masa słomy ze zbóż podstawowych z mieszankami (2016r.) 25,9 mln t. Z tego po uwzględnieniu wykorzystania słomy na cele paszowe i ściótkę nadwyżka do zagospodarowania wynosi ok. 12,4 mln t;

masa słomy z kukurydzy uprawianej na ziarno ok. 5,6 mln t;

masa słomy z produkcji roślin oleistych ok. 2,0 mln t;

masa niezagospodarowanych traw łąkowych (w postaci siana) ok. 2,4 mln t; wynosi ok. 22,4 mln t.

masa drewna odpadowego z pielęgnacji sadów ok. 122 tys. m³.

dodatkowo można uwzględnić częściową zmianę produkcji kukurydzy z przeznaczeniem na ziarno zamiast na kiszonkę (w 2016 powierzchnia upraw na: ziarno 595405 ha, na kiszonkę 602185 ha).

Zatem szacowany potencjał biomasy lignocelulozowej w Polsce, pochodzącej z polowej produkcji roślinnej uwzględnionych roślin, możliwy do zastosowania w produkcji biopaliw wynosi ok. 22,4 mln t.

Udział biogazu w strukturze energii odnawialnej zarówno w UE (7,60%), a szczególnie w Polsce (2,88%), na tle biopaliw stałych przedstawia się skromnie. Zwiększenie produkcji biogazu powinno przyczynić się do wypełnienia przez Polskę przyjętych celów wskaźnikowych. Ponadto zwiększenie produkcji biogazu może korzystnie wpłynąć na oszczędność zasobów kopalnianych tego paliwa, poprawić równowagę gospodarki pozostałościami poprodukcyjnymi oraz znacznie ograniczyć emisję metanu do atmosfery.

Do produkcji biogazu obecnie wykorzystuje się wiele substratów pochodzących z celowej produkcji rolniczej, ale coraz więcej poszukuje się substratów będących pozostałościami poprodukcyjnymi z produkcji rolnej, przemysłu rolno-spożywczego, niektórych odpadów komunalnych. Poszukiwanie alternatywnych substratów do produkcji biopaliw II generacji ukierunkowuje badania na wykorzystanie surowców lignocelulozowych, będących pozostałościami poprodukcyjnymi rolniczymi, leśnymi, komunalnymi lub uprawy dedykowane.