

Jacek PALIGE¹, Otton ROUBINEK¹, Katarzyna WAWRYNIUK¹, Łukasz MODZELEWSKI¹,
Adrian JAKOWIUK¹, Andrzej DOBROWOLSKI¹, Łukasz DREWNIAK², Martyna CIĘŻKOWSKA²

e-mail: j.palige@ichtj.waw.pl

¹ Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa

² Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski, Warszawa

Badania procesu fermentacji metanowej z wykorzystaniem metod radioizotopowych i technik gamma skaningu

Wstęp

W ciągu ostatnich kilku lat w *Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej* w Warszawie prowadzono prace związane z optymalizacją i wdrożeniem do praktyki przemysłowej nowatorskiego rozwiązania technicznego, opartego na polskim patencie *Sposób i układ wytwarzania metanu i energii elektrycznej i cieplnej*. Kryłowicz i in., [2001], do produkcji biogazu z wybranych odpadów i surowców roślinnych.

Proces prowadzony jest w dwu stadiach reaktorach z rozdzielaniem procesu hydrolizy od procesu fermentacji zasadniczej. Dla utrzymania stałości temperatury oraz zapewnienia warunków dobrego mieszania zawiesiny i przeciwdziałania tworzeniu się kożuchów na powierzchni cieczy w fermentorze z quasi ciągłym przepływem substratów wykorzystano, w odróżnieniu od innych rozwiązań, układ hydromieszania przy pomocy pomp cyrkulacyjnych.

Wyniki przeprowadzonych badań dotyczących wykorzystania metod obliczeniowej mechaniki płynów (CFD) do wyznaczenia struktury przepływu w dużych fermentorach o objętościach ok. 500 m³ przedstawiono w pracach [Palige i in., 2011; Chmielewski i in., 2012]. Określono wpływ strug cieczy zasilającej fermentor oraz strug cyrkulacyjnych cieczy pompowanej z dna fermentora na powierzchnię cieczy na parametry mieszania materiału we wnętrzu fermentora.

W chwili obecnej prowadzone są prace dotyczące selekcji w procesie fermentacji metanowej mikroorganizmów odpowiedzialnych za otrzymywanie biogazu z wysoką zawartością metanu. Badania przeprowadzane są z wykorzystaniem wielokolaboratoryjnej instalacji, pracującej w oparciu o patent [Kryłowicz i in., 2001] na wybranych surowcach, w szczególności kiszonkach kukurydzy.

Celem niniejszej pracy jest wyznaczenie średniego czasu przebywania cieczy w fermentorze metodą radioizotopową i techniką gamma skaningu. Średni czas przebywania cieczy jest jednym z podstawowych parametrów określających prawidłowość pracy instalacji do produkcji biogazu.

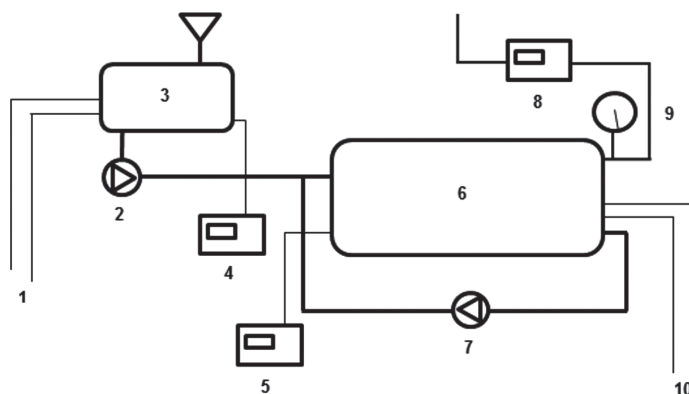
Badania doświadczalne

Aparatura

Schemat bioreaktora do wytwarzania biogazu przedstawiono na rys. 1. Reaktor stanowi układ połączonych szeregowo hydrolizera i fermentatora. Cylindryczny poziomy hydrolizer o średnicy 13 cm i długości 27 cm działa okresowo w cyklu 2-dobowym. Cylindryczny poziomy fermentor o średnicy 30,5 cm oraz długości 60 cm pracuje w układzie pseudo-ciągłym (częstotliwość załadunku – co 2 doby). Objętość hydrolizera wynosi – 2 dm³, fermentora 42 dm³. Wsad hydrolizera stanowi świeża masa pochodzenia roślinnego oraz odciek z fermentora i świeża woda w proporcji 1:1. Zawartość suchej masy we wsadzie stanowi od 1 do 5% w zależności od rodzaju przerabianych surowców. Z punktu widzenia procesowego fermentor przedstawia sobą reaktor z częściową recyrkulacją cieczy, przy czym stopień recyrkulacji wynosi 0,5. Udział objętości fazy ciekłej w fermentorze wynosi ok. 20–30 dm³.

Metodyka

Uwzględniając konsystencję wsadu oraz jego właściwości chemiczne i fizyczne dla przeprowadzenia eksperymentu znacznikowego dla



Rys. 1. Schemat bioreaktora do wytwarzania biogazu, 1,10 – dopływ i odpływ cieczy z termostatów, 3 – hydrolizer, 4,5 – mierniki temperatury, 6 – fermentor, 8 – licznik gazu, 9 – manometr

wyznaczenia funkcji rozkładu czasów przebywania (RCP) cieczy w fermentorze wybrano metodę radioizotopową pozwalającą na radiometryczne określenie stężenia znacznika w próbkach cieczy wypływającej z fermentora. W przypadku metody radioizotopowej zawartość zawiesiny w próbce, mętność cieczy itp. nie wpływają w sposób zasadniczy na wynik pomiaru. W charakterze znacznika fazy wodnej wybrano radioaktywny izotop wodoru T (tryt) w postaci wody trytowej. Izotop wodoru T charakteryzuje się okresem półrozpadu $T_{1/2} = 4510$ dni oraz emituje promieniowanie beta o energii 0,018 MeV.

Badany fermentor jest stalowym zamkniętym zbiornikiem, co umożliwia kontrolę stopnia jego napełnienia (objętości fazy ciekłej) oraz ocenę ilości kożuchów tworzących się na powierzchni fazy ciekłej. Do kontroli rozkładu przestrzennego materiałów w fermentorze wybrano metodę gamma skaningu pozwalającą na prześwietlanie fermentora, wiązką promieniowania gamma. Nadążny ruch źródła i detektora promieniowania pozwala na uzyskanie obrazu przestrzennego rozkładu gęstości medium w wybranym przekroju wzdłuż wysokości fermentora. W badaniach użyto źródła promieniowania Co – 60 i Cs – 37 o aktywności 550 MBq. Schemat układu pomiarowego gamma – skaningu przedstawiono na rys. 2.

Wyniki badań

Znacznik radioizotopowy w postaci wody trytowej wprowadzono impulsowo na napływie do fermentora. W trakcie kolejnych odbiorów zawiesiny z fermentora pobierano próbki cieczy, które poddawano procesowi destylacji dla otrzymania klarownego roztworu.

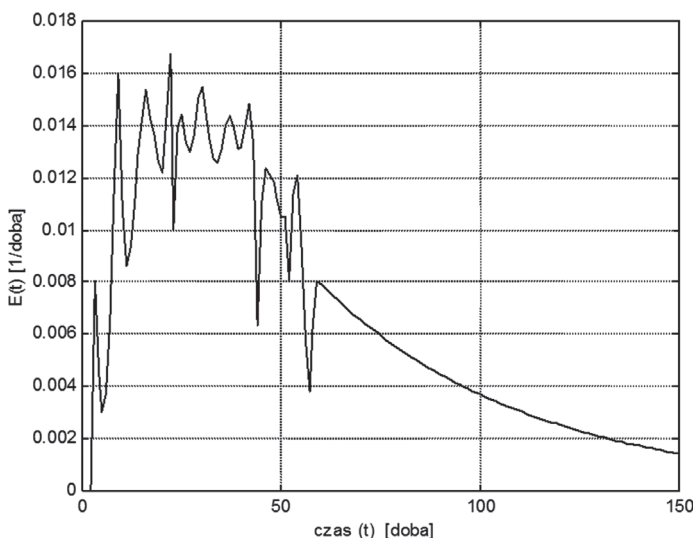
Pomiar aktywności próbek ze względu na niską energię promieniowania beta izotopu trytu prowadzono z wykorzystaniem ciekłokrystalicznego analizatora *Wallac – Guardian* firmy *Perkin Elmer*.

Wyniki pomiarów aktywności próbek cieczy w funkcji czasu liczonego od momentu dozowania z ekstrapolacją wyników przedstawiono na rys. 3.

W trakcie trwania eksperymentu znacznikowego przeprowadzono pomiary gamma skaningu fermentora w przekroju leżącym w połowie jego długości. W trakcie pomiarów, krok dyskretyzacji przestrzennej kolimowanego źródła promieniowania i detektora wynosił 1 cm.



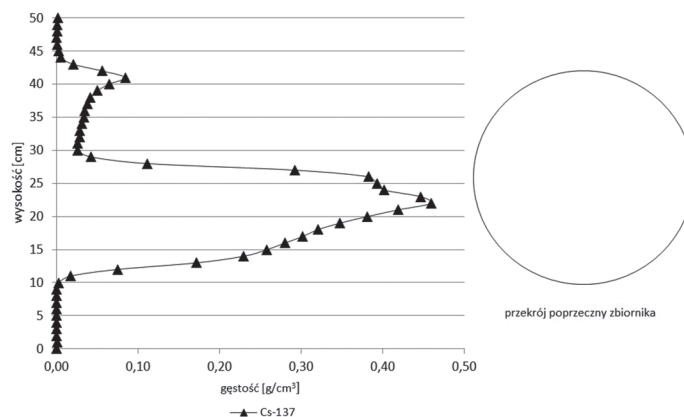
Rys. 2. Układ pomiarowy gamma – skaningu



Rys. 3. Aktywność próbek cieczy w funkcji czasu liczonego od momentu dozowania

Analiza rozkładu gęstości w fermentorze wskazuje, że sumaryczna wysokość słupa cieczy i korzuchów wynosi ok. 20 cm (w tym 3 cm – wysokość korzuchów), co odpowiada objętości fazy ciekłej w fermentorze V wynoszącej ok. 30 dm³. Obliczone średnie dobowe natężenie przepływu cieczy w fermentorze Q wynosiło 0,60 dm³/dobę. Teoretyczny średni czas przebywania cieczy w reaktorze $TSR = V/Q \approx 50$ dob.

Z przedstawionych na rys. 3 zmian aktywności cieczy wypływającej z fermentora obliczono, pierwszy i drugi moment statystyczny krzywej odpowiadające średniemu czasowi przebywania TSR cieczy w fermentorze i wariancji bezwymiarowej. Obliczony średni czas przebywania wynosi $TSR = 51$ dob a wariancja bezwymiarowa $WBW = 0,46$. Na rys. 4 przedstawiono przykładowo jeden ze skanów uzyskanych w trakcie pomiarów.



Rys. 4. Skan przestrzenny fermentora

Uzyskana wartość średniego czasu przebywania praktycznie jest równa teoretycznemu czasowi przebywania, co wskazuje że w fermentorze nie występują martwe strefy zalegania materiałów. Duże rozrzuty aktywności poszczególnych próbek pobieranych z fermentatora wskazują jednakże na dużą niejednorodność materiału we wnętrzu fermentatora, co potwierdza znaczący udział objętości kożuchów, dochodzący do 13% objętości fazy ciekłej.

W trakcie długotrwałej eksploatacji badanego układu hydrolizer – fermentor stabilnie uzyskiwano biogaz z zawartością metanu od 65 do 70%.

Wnioski

Wykorzystanie technik jądrowych pozwala na bezpośredni pomiar parametrów przepływu materiałów we wnętrzu fermentatorów oraz na określenie rzeczywistego udziału objętościowego poszczególnych faz (ciekłej i gazowej).

Możliwe jest również stwierdzanie występowania lub nie kożuchów, co pozwala na podjęcie racjonalnych kroków dla przeciwdziałania ich powstawania poprzez włączenie układów mieszania hydraulicznego zawartości fermentora. Techniki te mogą być również stosowane w badaniach instalacji przemysłowych.

LITERATURA

- Chmielewski A.G., Usidus J., Kryłowicz A., Roubinek O., Palige J., Zalewski M., 2012. *Wielofunkcyjny bioreaktor do wytwarzania biogazu*. Materiały III. Ogólnopolskiego Sympozjum, 10-12 października, Serock, 33-40
- Kryłowicz A., Chrzanowski K., Usidus J., 2001. *Sposób i układ wytwarzania metanu i energii elektrycznej i ciepłej*. Patent PL 197595
- Palige J., Rudniak L., Dobrowolski A., Zalewski M., Chmielewski A.G., 2011. *Optymalizacja parametrów mieszania biozawiesiny w fermentorze z wykorzystaniem metody CFD*. *Inż. Ap. Chem.*, 50, nr 5, 82-83

Praca była realizowana w ramach Programu Badań Stosowanych Narodowego Centrum Badań i Rozwoju pt. „Optymalizacja pracy dwustopniowego reaktora do wytwarzania wysokometanowego biogazu – opracowanie biostarterów i biomarkerów fermentacji metanowej” zgodnie z umową PBS1/A8/3/2012 i współfinansowana przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej w Wiedniu.