

EWA STELMACH  
LILIANA KRZYSZEK  
JACEK STELMACH  
STANISŁAW LEDAKOWICZ

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka, Łódź

# Przemywanie stałych odpadów komunalnych w mieszalniku bębnowym

## Wprowadzenie

W ostatnich latach zagadnienia ochrony środowiska stały się szczególnie znaczące, zarówno na świecie, jak i w Polsce. Ten wzrost znaczenia objawia się m.in. wprowadzaniem nowych technologii przetwórstwa odpadów [1]. Jedną z nich jest fermentacja metanowa [2, 3]. Używana w tym procesie woda zazwyczaj zawiera pewien ładunek zanieczyszczeń, który może pochodzić z procesu przemywania odpadów, zarówno świeżych, jak i pochodzących z zamkniętych już składowisk komunalnych. Celem niniejszej pracy jest poznanie kinetyki wylugowywania substancji organicznych i nieorganicznych z odpadów komunalnych w mieszalniku bębnowym [4].

## Badania

Przemywanie stałych odpadów komunalnych prowadzono w mieszalniku bębnowym. Do bębna był wsuwany wykonany z blachy perforowanej kosz o średnicy  $D = 290$  mm i wysokości  $H = 500$  mm. Kosz opierał się o pokrywą łożyska oraz zmodyfikowane przegrody bębna i był mocowany do bębna dwoma klamrami sprężystymi. W badaniach użyto kosza bez przegród i kosza zaopatrzonego w cztery przegrody z blachy perforowanej (jak kosz) ustawione pod kątem  $45^\circ$  do linii stycznej do kosza w miejscu zamocowania przegrody.

Odpady umieszczano w koszu po uprzednim zważeniu na wadze elektronicznej. Napełnianie bębna wodą czystą lub popłuczną odbywało się za pomocą pompy wirowej połączonej ze zbiornikiem. Podczas pracy bęben wraz z koszem były pochylone pod kątem  $30^\circ$  do poziomu i obracały się z częstością obrotową  $N = 0,5$  s<sup>-1</sup>.

Do mieszalnika nalewano 30 dm<sup>3</sup> wody wodociągowej. Następnie w koszu odważano 3 kg odpadów (frakcja 20/80 świeżych odpadów komunalnych) i kosz z odpadami wstawiano do mieszalnika, unieruchamiano klamrami i włączano silnik. W określonych odstępach czasu pobierano próby cieczy do badań. W tym celu zatrzymywano mieszalnik, otwierano zawór w jego dnie i do zlewki spuszczano około 300 cm<sup>3</sup> zawiesiny, po czym włączano mieszalnik. Ponieważ do analiz wystarczyło ok. 50 cm<sup>3</sup> zawiesiny, resztę zwracano do mieszalnika.

Jako miarę efektywności przemywania odpadów wykorzystano następujące wskaźniki:

- ChZT dla zawiesiny – określenie całkowitego ładunku zanieczyszczeń, które przeszły z odpadów do wody myjącej,
- ChZT dla przesączu – określenie ładunku zanieczyszczeń, które rozpuściły się w wodzie myjącej,
- sucha masa – określenie ilości cząstek zawieszonych w wodzie przemywającej,
- sucha masa organiczna – określenie ilości substancji organicznych w wodzie myjącej.

## Omówienie wyników

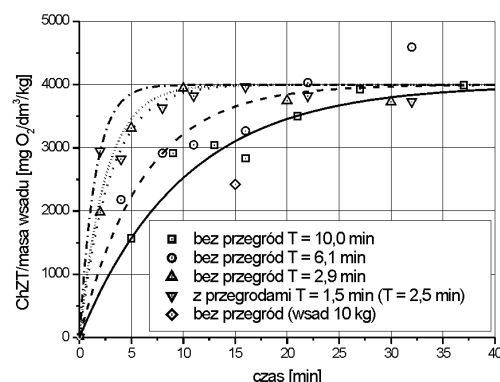
Uzyskane wyniki zmian wartości parametru ChZT dla zawiesiny w czasie mieszania (przemywania) przedstawia rys. 1. W celu umożliwienia porównywania wyników z różnych serii doświadczalnych wartości ChZT odniesiono do masy 1 kg odpadów (wsadu). Analiza ułożenia punktów pomiarowych na rys. 1, jak również analiza samego procesu przemywania odpadów, prowadzi do wniosku, że rozpatrywany przypadek można potraktować jako odpowiedź obiektu inercyjnego pierwszego rzędu na skokową zmianę wartości wejściowej (czyli zanurzenie odpadów w wodzie). W takim przypadku proces można opisać równaniem

$$y(t) = B(1 - e^{-t/T}) \quad (1)$$

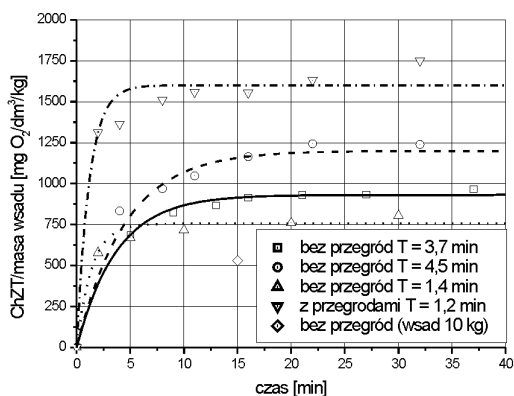
gdzie:

- $t$  – czas,
- $B$  – wartość końcowa w układzie po czasie nieskończenie długim,
- $T$  – stała czasowa.

Wartość stałej czasowej informuje o szybkości dochodzenia do stanu końcowego. Dla kosza bez przegród wartości stałej czasowej  $T$  dla danych z rys. 1 wyznaczone metodą iteracyjną wynoszą: 10,0; 6,14 i 2,93 minuty (wartości współczynników korelacji od 0,991 do 0,998, średnie błędy względne od  $\pm 3,7$  do  $\pm 1,5\%$ ). Dla kosza z przegradami wartość stałej czasowej, wyznaczonej tą samą metodą, wynosi 1,5 minuty ( $R = 0,978$ ,  $\Delta = \pm 7,8\%$ ), czyli jest mniejsza niż dla układu bez przegród. Ułożenie punktów doświadczalnych sugeruje jednak, że wartość ta może być zaniżona (tzn. że w obliczeniach zbyt duża waga została przyłożona do punktów początkowych) i powinna wynosić około 2,5 minuty. Mimo to, wydaje się, że zastosowanie przegród przyspiesza proces przemywania odpadów, ale bardzo duży wpływ na przebieg procesu ma skład morfolo-



Rys. 1. Zmiany wartości parametru ChZT dla zawiesiny



Rys. 2. Zmiany wartości parametru ChZT dla przesączu

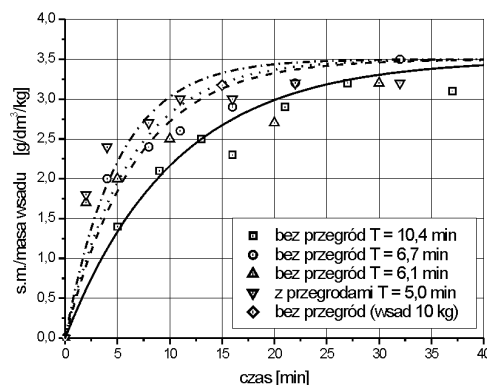
giczny odpadów (serie pomiarowe dla kosza bez przegród dotyczą różnych partii odpadów). Na podstawie wyznaczonych stałych czasowych można określić czas osiągnięcia 95% wartości końcowej parametru ChZT. Wynosi on od 4,5 do 30 minut. Jednak ze względów ekonomicznych można go określić na około 15÷20 minut. Dłuższe prowadzenie procesu w niewielkim stopniu wpływa na wartość końcową ChZT, ale znacząco zwiększa nakłady energetyczne.

Podczas przemywania odpadów następuje nie tylko tworzenie się zawiesiny, ale również rozpuszczanie rozmaitych związków chemicznych zawartych we wsadzie. Dla dalszego wykorzystania wody popłucznej zawartość związków rozpuszczonych ma mniejsze znaczenie (gdyż nie przewiduje się procesu filtracji), ale dla właściwego prowadzenia procesu mieszania w bębnie znajomość szybkości zachodzących zmian stanowi ważną informację. Dlatego na rys. 2 przedstawiono zależność wartości ChZT w przesączu od czasu mieszania. Wartości stałych czasowych dla procesu rozpuszczania są mniejsze niż dla procesu tworzenia zawiesiny. Tak więc decydujące znaczenie dla zakończenia procesu ma czas uzyskania odpowiedniego stężenia zawiesiny.

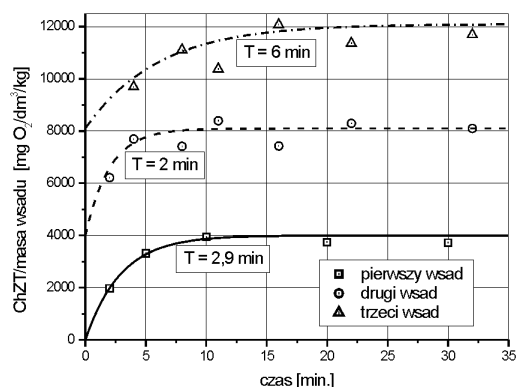
Zawartość suchej masy można traktować jako stężenie zawiesiny otrzymywanej w procesie przemywania odpadów. Zatem szybkość zmian tego parametru będzie również ważnym kryterium oceny procesu mieszania i przemywania w bębnie. Otrzymane rezultaty przedstawiono na rys. 4

W przeanalizowanych przypadkach po około 30 minutach mieszania (ok. 900 obrotów bębna) ustala się w układzie równowaga objawiająca się tym, że wartości analizowanych parametrów (ChZT, s.m. i s.m.o.) ustalają się. Nie oznacza to jednak, że cały ładunek drobnych zanieczyszczeń przeszedł z odpadów do wody. Przeprowadzone doświadczenia wskazują, że w kolejnych płukaniach tego samego ładunku odpadów świeżą wodą następuje dalsze wmywanie zanieczyszczeń. Użytkuje się jednak mniejsze ich stężenia w zawieszynie, przy czym czas osiągnięcia stanu równowagi, wyrażony za pomocą stałej czasowej, skraca się.

Stosowanie kolejnych przemywań czystą wodą powoduje jej duże zużycie, a wartości parametrów procesowych osiągnięte w końcowych płukaniach są małe. Do zasilania fermentacji metanowej powinno się stosować ścieki o większym obciążeniu ChZT. Aby uzyskać jak największą wartość ChZT przeprowadzono próbę polegającą na ponownym użyciu wody popłucznej do przemywania świeżego wsadu odpadów (Rys. 4). Przy tym sposobie przemywania można uzyskać duże bezwzględne obciążenia wody popłucznej. Podobne rezultaty można uzyskać stosując większe wsady odpadów.



Rys. 3. Zmiany zawartości suchej masy w trakcie płukania



Rys. 4. Zmiany wartości ChZT w trakcie kolejnych płukań świeżych wsadów

Wówczas jednak ze względu na gorsze mieszanie duża część zanieczyszczeń może pozostać niewykorzystana w odpadach.

## Wnioski

W wyniku przemywania stałych odpadów komunalnych uzyskuje się zawiesinę, którą można skierować do procesu beztlenowej fermentacji metanowej. Przemyte odpady zostają pozbawione części materiału organicznego, co zmniejsza ich zdolności fermentacyjne podczas składowania. Szybkość procesu przemywania stałych odpadów komunalnych zależy od ich składu morfologicznego.

Zastosowanie w koszu perforowanych przegród zagarniających mieszany materiał powoduje przyspieszenie wypłukiwania drobnych zanieczyszczeń z odpadów. Czas trwania procesu przemywania okresowego w przedstawionych warunkach nie powinien przekraczać 20 minut.

Z punktu widzenia dynamiki procesowej okresowe przemywanie odpadów można traktować jako układ inercyjny pierwszego rzędu.

## LITERATURA

1. F. Adani, F. Tambone, A. Gotti: Waste Management 24, 775, (2004).
2. St. Ledakowicz, L. Krzystek: Biotechnologia 70, nr 3, 165, (2005).
3. P. Sosnowski, St. Ledakowicz: Przem. Chem. 82, nr 8-9, 1095, (2003).
4. F. Stręk: Mieszanie i mieszalniki, Warszawa, WNT, 1982.
5. К.В. Фролов: Машиностроение. Энциклопедия в сорока томах, Том IV-12, Машины и аппараты химических и нефтехимических производств, Москва, Машиностроение, 2004.

Praca wykonana w ramach grantu badawczo-rozwojowego nr R14 017 01.