

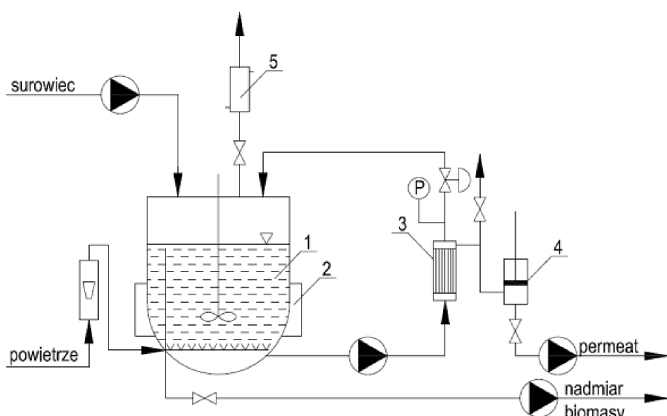
ANDRZEJ NOWORYTA
ANNA TRUSEK-HOŁOWNIA

Wydział Chemiczny, Politechnika Wroclawska, Wrocław

Bioreaktor membranowy – konstrukcja i charakterystyka aparatu

Wprowadzenie

Biokatalizatory, dzięki swoim niekwestionowanym zaletom, takim jak specyficzność oraz łagodne warunki prowadzenie procesu znajdują coraz szersze miejsce w technologiach otrzymywania zarówno szeregu produktów znanych jak i uzyskiwania zupełnie nowych [1]. Ekonomiczna opłacalność procesów realizowanych z udziałem biokatalizatorów wymaga przedłużenia czasu ich użycia, co uzyskuje się na drodze immobilizacji. Spośród znanych metod immobilizacji biokatalizatorów ważne miejsce, ze względu na łatwość stosowania, zajmują techniki wykorzystujące membrany. Prowadzi to do bioreaktora membranowego [2]. Jest to typowy przykład reaktora wielofunkcyjnego, powstały z połączenia klasycznego reaktora mieszalnikowego z węzłem separacji membranowej. W wyniku tego uzyskuje się w prosty sposób co najmniej skuteczną immobilizację biokatalizatora zrealizowaną w najbardziej ze znanych warunkach zachowawczych, nie powodujących nieodwracalnej jego inaktywacji w trakcie przeprowadzania procedury immobilizacji [3]. Zasada działania bioreaktora membranowego przedstawiona jest na rys. 1.



Rys. 1. Schemat bioreaktora membranowego; 1 – zbiornik reaktora, 2 – płaszcz grzeiny, 3 – moduł membranowy, 4 – system płukania zwrotnego, 5 – chłodnica zwrotna

Mieszanina reakcyjna z rozpuszczonym lub zawieszonym w niej biokatalizatorem cyrkuluje między bioreaktorem a modulem membranowym. W przypadku stosowania biokatalizatora w postaci enzymu strumieniem opuszczającym układ jest jedynie strumień permeatu uzyskiwany w module membranowym. W przypadku stosowania komórek mikroorganizmów, które ulegają namnażaniu w trakcie procesu, dla utrzymania w układzie założonego ich stężenia, konieczne jest ich kontrolowane usuwanie ze strefy reakcji za pomocą dodatkowego strumienia. Wartość tego strumienia jest głów-

nym parametrem sterującym pracą takiego bioreaktora, służy m.in. do ustalania stężenia komórek w układzie.

Skuteczna immobilizacja biokatalizatora jest podstawowym czynnikiem, który zapewnia wysoką efektywność ekonomiczną rozpatrywanej reakcji czy przemiany mikrobiologicznej. Dodatkowe efekty ekonomiczne można uzyskać w bioreaktorze membranowym dobierając membranę selektywną wobec składników mieszaniny reakcyjnej. Szczególnie korzystny jest taki przypadek, w którym membrana zatrzymuje reagenty intensyfikujące przebieg procesu a przepuszcza produkt i składniki wpływające na zmniejszenie szybkości reakcji. W granicznym przypadku można uzyskać 100% przereagowanie [4].

Efektywne zintegrowanie procesu reakcyjnego z separacją membranową wymaga znajomości charakterystyk obu tych procesów jednostkowych. Są to informacje standardowo wymagane do zaprojektowania oddzielnego węzła reakcji i węzła separacji składników mieszaniny reakcyjnej.

Założenia

Przy opracowaniu konstrukcji bioreaktora membranowego przyjęto następujące założenia:

1. urządzenie może pracować w jednej z trzech podstawowych konfiguracji, tj. jako bioreaktor membranowy o działaniu ciągłym, jako bioreaktor o działaniu ciągłym (biostat) lub jako bioreaktor o działaniu okresowym,
2. wszystkie elementy aparatu mające kontakt z mikroorganizmami są sterylizowalne na miejscu,
3. cyrkulacja zawiesiny komórek mikroorganizmów przebiega w warunkach minimalizujących ich stres,
4. zapewniona jest automatyczna regeneracja membran oraz systemu odbioru permeatu, pozwalająca na zachowanie stacjonarności procesu,
5. parametry fizykochemiczne są monitorowane, sterowane i archiwizowane, parametry procesowe są automatycznie utrzymywane na założonym poziomie.

Budowa i działanie aparatu

Urządzenie składa się z dwóch autonomicznych części tj. bioreaktora zbiornikowego o pojemności roboczej od 5 do 12 litrów oraz wymiennego, ze względu na wymaganą selektywność rozdziału, ceramicznego mikro lub ultrafiltracyjnego modułu membranowego. Obie te części łączy cyrkulacja zawiesiny reakcyjnej, realizowana za pomocą pompy membranowej o regulowanej wydajności. Zastosowanie tego typu pompy wynika z konieczności ograniczenia stresów mechanicznych, jakiemu poddawane są komórki przy przetłaczaniu. Na wyjściu z modułu membranowego usytuowany jest ciśnie-

niomierz oraz zawór dławiący z serwowotorem sterowanym komputerem. Pozwala to na płynną regulację ciśnienia transmembranowego, a tym samym strumienia permeatu. Regenerację powierzchni membrany przeprowadza się za pomocą płukania wstecznego. Powrót odpowiedniej ilości permeatu realizowany jest poprzez ruch tłoka wypychający permeat z naczynia zbiorczego. Ruch ten zapewnia siłownik zasilany sprężonym powietrzem i sterowany automatycznie. Bioreaktor wyposażony jest w płaszcz wodno-parowy oraz system grzałek elektrycznych. Wykorzystywany on jest do sterylizacji układu oraz termostatowania. Podczas sterylizacji bioreaktora pożywka cyrkuluje przez moduł membranowy co zapewnia sterylizację również tej części urządzenia. Wszystkie króćce wchodzące i wychodzące z bioreaktora zaopatrzone są w automatyczne zawory odcinające, umożliwiające osiągnięcie w naczyniu reaktora odpowiedniego ciśnienia, a tym samym temperatury sterylizacji. Dozowanie strumienia surowca oraz odbiór strumieni produktów odbywa się za pomocą sterowanych automatycznie pomp perystaltycznych. Powietrze do naczynia reaktora wprowadzane jest przez zawór redukcyjny oraz rotametr nastawiany ręcznie.

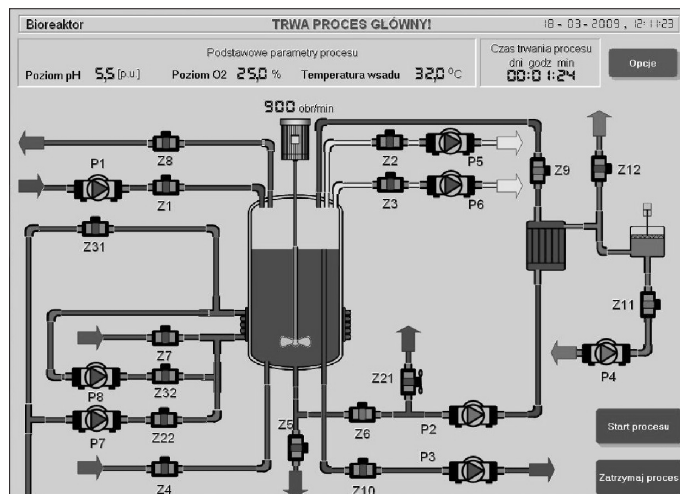
Widok urządzenia gotowego do pracy przedstawia fotografia na rys. 2.



Rys. 2. Widok bioreaktora

Pomiary i sterowanie

Urządzenie w wersji standardowej wyposażone jest w typowe czujniki do pomiaru temperatury, ciśnienia, stężenia tlenu w pożywce oraz pH pożywki. Wszystkie czujniki wykonane są w wersji umożliwiającej ich sterylizację. Ponadto znajdują się dwa wolne przyłącza do zainstalowania dodatkowych czujników. Sygnały z czujników wprowadzane są do komputera sterującego pracą urządzenia. Komputer steruje również



Rys. 3. Widok panelu sterującego pracą bioreaktora

funkcją zaworów automatycznych, wydajnością pomp, obrotami mieszadła oraz sterownikiem siłownika urządzenia do płukania zwrotnego. Uruchomienie aparatu wymaga wprowadzenia następujących danych:

- 1) temperatury i czasu sterylizacji,
- 2) temperatury procesu,
- 3) zakresu pH w układzie reakcyjnym,
- 4) zakresu stężenia tlenu w układzie reakcyjnym,
- 5) obrotów mieszadła,
- 6) wartości strumienia zasilającego i strumienia permeatu,
- 7) maksymalnego ciśnienia w obiegu cyrkulacyjnym,
- 8) maksymalnego czasu pracy pomiędzy cyklami płukania wstecznego.

W czasie trwania procesu wyświetlane są wszystkie istotne informacje o procesie oraz archiwizowane wartości parametrów procesowych. Program sygnalizuje wszelkie nieprzewidziane zdarzenia, a w razie potrzeby automatycznie wyłącza proces i zabezpiecza urządzenie przed zniszczeniem. Na rys. 3 przedstawiono widok panelu sterującego w jednej z faz realizacji procesu.

Podsumowanie

Zaprojektowano i wykonano bioreaktor membranowy umożliwiający ciągłą pracę. Całość prac związana z przygotowaniem i ciągłym prowadzeniem danego procesu technologicznego jest sterowana automatycznie. Urządzenie to zostało pomyślnie przetestowane i jest przystosowane do realizacji technologii występujących w przemyśle farmaceutycznym, spożywczym czy chemicznym.

LITERATURA

1. G.M. Rios, M.P. Belleville, D. Paolucci, K. Drensla: *J. Membrane Sci.*, **216**, nr 1–2, 56 (2004).
2. A. Noworyta: *Inż. Chem. Proc.*, **20**, nr 4, 629 (1999).
3. A. Trusek-Hołownia, A. Noworyta: *J. of Biotechnology*, 130, 47 (2007).
- A. A. Trusek-Hołownia, A. Noworyta: *Inż. Ap. Chem.*, **44**, nr 4 109 (2005).

Wykonano przy finansowym wsparciu projektu NR14-0032-04/2008 „Intensyfikacja procesów biotechnologicznych przy wykorzystaniu bioreaktora membranowego”.