

Dr hab. inż. Jan Thullie prof. Pol. Śl.

O C E N A

Pracy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Mitko
pt.:” Assessment of gypsum scaling risk in electro dialytic desalination”
wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Mariana Turka

Blokowanie membran osadami substancji mineralnych jest istotnym problemem przy projektowaniu instalacji odsalania wody zawierającej jony trudno rozpuszczalnych soli. Praca doktorska pana mgr inż. Krzysztofa Mitko skupia się na pewnych aspektach szacowania ryzyka i zapobiegania blokowaniu membran podczas elektrodializy. Z tego powodu podjęcie takiego tematu w pełni odpowiada współczesnym wyzwaniom stawianym przed nauką.

Merytoryczna ocena pracy

Przedłożona praca składa się z siedmiu rozdziałów w języku angielskim, spisów tabel i rysunków oraz literatury. Dodatkowo praca zawiera podsumowanie w języku polskim oraz wykaz dorobku naukowego Doktoranta.

Praca przedstawiona jest w nietypowej formie, gdyż składa się z odrębnych publikacji stanowiących poszczególne rozdziały i właściwie rola recenzenta sprowadza się do stwierdzenia czy tematyka przedstawionych publikacji jest spójna, bo ich poziom określa ranking periodyku, w którym zostały opublikowane (a ściślej to określa jedynie dolną granicę tego poziomu).

Wydaje mi się, że ten sposób przedstawienia pracy jest nowoczesny, bo szanuje czas zarówno recenzenta (nie musi drobiazgowo sprawdzać wywodzeń) jak i doktoranta, aby nie wykonywać dwukrotnie tej samej pracy. Tym samym gratuluję nowatorskiego pomysłu przedstawienia pracy i samemu będę go stosował w przyszłości.

Taki układ pracy ma oczywiście swoje zalety oraz wady. Niewątpliwie zaletą jest możliwość skorzystania tylko z tej części pracy, która jest interesująca dla czytelnika bez konieczności studiowania całości, co daje

znaczną oszczędność czasu. Wadą jest zwiększenie objętości pracy, gdyż każda publikacja zawiera część wstępną i trudno jest uniknąć ewentualnych powtórzeń, co wpływa na zwiększenie objętości. (Np. opis metod badania scalingu na str. 49 oraz 56.) Główną trudnością tego typu układu jest umiejętne dobranie tematyki kolejnych publikacji, tak aby stanowiły pewną zamkniętą całość. Wadą jest również brak całościowego przeglądu literatury przedmiotu, bo każda publikacja dokonuje tego tylko fragmentarycznie.

Doktorant poradził sobie z tymi trudnościami znakomicie, gdyż objętość pracy nie przekroczyła 87-miu stron, natomiast dobór tytułów poszczególnych rozdziałów stanowiących odrębne publikacje jest moim zdaniem właściwy.

Pierwszym rozdziałem jest wstęp, w którym Doktorant wprowadza czytelnika w zagadnienia elektrodializy. Dokonuje porównania tego procesu z innymi procesami membranowymi i wykazuje, kiedy jest on ekonomicznie uzasadniony. Z kolei przedstawia proces scalingu, czyli proces blokowania membran osadami substancji mineralnych oraz sposób jego uniknięcia zaproponowany już we wcześniejszych publikacjach opublikowanych w „Desalination”. Pomysł polega na uniknięciu blokowania membran przez zastosowanie warunku, by czas indukcji zarodków był większy od średniego czasu przebywania w module membranowym powiększonym o jego wariancję. Moim zdaniem jest to dobry pomysł, choć nie w pełni zabezpiecza uniknięcia blokowania membran. Doktorant przedstawia jego ciekawą modyfikację prowadzącą do graficznego określenia zakresu występowania zjawiska scalingu.

Rozdziały drugi i trzeci opisują warunki panujące w przeciwwądownym elektrodializerze z pojedynczym przepływem. W rozdziale drugim przedstawiono zagadnienia związane z warunkami hydrodynamicznymi panującymi w komorze koncentratu elektrodializera. Natomiast badaniem rozkładu stężeń wzdłuż efektywnej długości membrany oraz jego wpływem na ryzyko blokowania membrany przez krystalizację gipsu zajmuje się rozdział trzeci.

Wpływ scalingu na pracę aparatu przy proponowanym reżimie pracy przedstawiony jest w rozdziale czwartym, natomiast wpływ scalingu na samą membranę tzn. wpływ kinetyki wzrostu warstwy siarczanu wapnia na jonowymienną membranę rozpatrywany jest w rozdziale piątym.

W rozdziale szóstym zajęto się określeniem parametrów transportu jonów przechodzących przez membranę oraz wykorzystano model przedstawiony w rozdziale trzecim do zaprojektowania elektrodializera.

Konkluzje wynikające z pracy przedstawione są w rozdziale siódmym. Rozdział ten zamieszczono również w języku polskim na końcu pracy. Wnioski napisane są jasno, choć moim zdaniem niepotrzebnie w punkcie trzecim dołączono pewne jeszcze nie sprawdzone hipotezy.

Ocena ogólna

Doktorant wykazał się dużą wiedzą teoretyczną, a poziom merytoryczny pracy oceniam jako wysoki. Dwa rozdziały stanowią publikacje z Desalination oraz dwa publikacje z Monografii Komitetu Inżynierii Środowiska PAN.

Co prawda zaproponowana metoda nie stanowi novum, a część wyników wydaje się niezadowolająca, tym nie mniej osiągnięcia pracy są istotne np. – zmiana średniego czasu przebywania na skutek skalingu jest niedostrzegalna, natomiast obserwuje się wyraźną zmianę wariancji. Osiągnięciem jest również opracowanie modelu kinetycznego krystalizacji gipsu na powierzchni membrany, czy wyznaczenie współczynników transportu jonów przez membrany. Doktorant wykazał się umiejętnością prowadzenia eksperymentów, a zamieszczone w pracy wyniki stanowią bazę dla dalszych rozważań teoretycznych.

Na podkreślenie zasługuje również duża rzetelność Doktoranta w przedstawianiu wyników eksperymentów. Należy również zaznaczyć, że modelowanie przepływu dwufazowego z równoczesną krystalizacją i transportem przez membrany jest zagadnieniem trudnym, wymagającym stosowania technik CFD. Tym nie mniej wydaje się, że podjęcie próby modelowania prostszych przypadków byłoby wskazane. Dałoby to możliwość dodatkowej weryfikacji przyjętych założeń.

Załączony w rozdziale szóstym przykład świadczy, że zaproponowane metody są użyteczne dla praktyki projektowej.

Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Z uwag krytycznych chciałbym wyróżnić kilka spraw, które w żadnej mierze nie wpływają na moją ocenę pracy.

- Zaproponowany w rozdziale trzecim model elektrodializera składa się z elementów traktowanych jako przepływowe reaktory zbiornikowe o idealnym wymieszaniu CSTR (str 87). Przyjęte wymiary tych elementów (0,0026 x 0,05 x 2 cm) sugerują kształt „igły”, stąd założenie idealnego wymieszania wydaje się wątpliwe.
- Jeżeli osadzanie gipsu na powierzchni membrany powoduje powstanie nowych stref martwych to powinno to wpłynąć w istotny sposób na średni czas przebywania w elektrodializerze, stąd wydaje się, że wysunięta hipoteza (str. 73 pkt 3) nie znajduje potwierdzenia eksperymentalnego.

- Bardzo istotną dla pracy jest publikacja [29], której Doktorant jest współautorem. Wydaje mi się, że z powodzeniem mogła być włączona do rozprawy dając bardziej zwarty materiał.
- Dlaczego grubości warstw granicznych po obu stronach membrany na rys 1.3 są równe ? W przypadku ogólnym, wydaje się że powinny być różne choć tego samego rzędu.
- Niepokój budzą wyniki pomiarów objętości części elektrodializera zawierającej koncentrat (str. 53). Dlaczego nie udało się poprawić dokładności pomiarów objętości wynoszącej ponad 20% ?
- Uzyskane wyniki odnoszą się jedynie do przebadanego typu membran Neosepta CMX (a częściowo również do Neosepta AMX oraz Aciplex K-192 i Aciplex A-192). Jakie rezultaty pracy można przynieść bez przeprowadzenia eksperymentów na inne typy membran ?
- Skoro zmiana średniego czasu przebywania na skutek scalingu jest trudno uchwytna eksperymentalnie, jak należy rozumieć wniosek (na str. 55), że pomiary RTD mogą być użyte do wykrywania efektu scalingu podczas elektrodializy ? Badanie wariacji wydaje się bardziej skomplikowane niż metoda EIS ?
- Na str. 58 Doktorant pisze, że po rozmontowaniu modułu zaobserwowano biały osad na powierzchni membrany, nie podaje jednak czy dotyczy to obu membran przedstawionych na schemacie (rys 5.1) czy tylko dolnej ?

Uwagi formalne

- W pracy brak jest spisu oznaczeń. Dobrze by było zamieścić słowniczek pojęć, oznaczeń i skrótów, gdzie można by było wyjaśnić cały szereg terminów.
- Pewne rysunki lepiej było przedstawić w kolorze. Dotyczy to w szczególności rys 4.1 na str. 51 oraz rys 5.2 na str. 59.
- W podpisie pod rys. 1.3 powtórzono dwa razy słowo „concentration”.
- Na str. 13 piąty wiersz od góry zbędny jest rodzajnik określony (the).
- Na str. 20 dziesiąty wiersz od dołu zamiast „and” powinno być „at”.
- W podpisie pod rys. 6.1 błędnie podano rok publikacji jako 2013-ty. Powinien być 2014-ty.
- Na stronie 63 Doktorant powołuje publikację z roku 2001 jako określającą wspólnie obowiązujący BAT. Wymagałoby to pewnych wyjaśnień.

- Wzory (3.9) oraz (4.1) wymagają korekty.
- Na str. 65 różnica koncentracji zastępuje gradient stężenia (błąd opisu).
- Na str. 84 w polskim tekście pozostawiono angielski spójnik „and”.

Te drobne uwagi krytyczne nie umniejszają w niczym wartości pracy, a ich niewielka liczba świadczy o rzetelności Doktoranta.

Praca napisana jest jasno, bardzo dobrym angielskim, a korekta została przeprowadzona starannie.

Ocena końcowa

Reasumując, praca prezentuje wysoki poziom naukowy i w pełni odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim przez „Ustawę o tytule naukowym i stopniach naukowych”. Z dużą satysfakcją stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy przez Radę Naukową Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej i dopuszczenie mgr inż. Krzysztofa Mitko do dalszych etapów przewodu doktorskiego.