



dr hab. inż. Marek Ochowiak  
WYDZIAŁ TECHNOLOGII CHEMICZNEJ  
Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej  
ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań, tel. +48 61 665 2147  
e-mail: marek.ochowiak@put.poznan.pl, www.put.poznan.pl

Poznań, 14 sierpnia 2017 roku

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Grzegorza Story  
pt. „Analiza wpływu wirującego pola magnetycznego  
na proces rozpuszczania ciała stałego”.

### Podstawa formalna opracowania recenzji

Niniejszą recenzję wykonałem na podstawie Uchwały Rady Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie z dnia 11 lipca 2017 roku na zlecenie Dziekana Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego Pana Profesora dr. hab. inż. Ryszarda Kaleńczuka.

### Wstęp

Rozpuszczanie ciała stałego w cieczy w klasycznych mieszalnikach mechanicznych stanowi jedną z najprostszych metod realizacji procesu wymiany masy od ciała stałego do cieczy. W takim przypadku kinetyka rozpuszczania ciała stałego jest zależna od hydrodynamiki panującej w mieszalniku. Znaczny wpływ na hydrodynamikę wywiera konfiguracja geometryczna urządzenia mieszającego. Rozpuszczanie, czyli heterogeniczna reakcja przebiegająca z towarzyszącym przejściem fazy stałej do roztworu, występuje m.in. w przemyśle chemicznym, spożywczym oraz biotechnologicznym. W praktyce przemysłowej znanych jest wiele rozwiązań konstrukcyjnych aparatów przeznaczonych do rozpuszczania ciała stałego. Proces ten można zintensyfikować wykorzystując pulsację cieczy, wyładowania elektryczne i inne fizyczne sposoby oddziaływania. Proces rozpuszczania realizowany jest najczęściej w klasycznych mieszalnikach mechanicznych. Oprócz tradycyjnych mieszadeł wykonujących ruch obrotowy stosuje się również mieszadła wykonujące ruch posuwisto-zwrotny lub jednocześnie ruch obrotowy i posuwisto-zwrotny. Proces wymiany masy w mieszalnikach jest zagadnieniem aktualnym o czym świadczą poszukiwania nowych rozwiązań konstrukcyjnych i innych metod zwiększających efektywność procesu przedstawiane w artykułach naukowych z ostatnich lat. Sposobem intensyfikacji procesu rozpuszczania ciała stałego może być zastosowanie wirującego pola magnetycznego. Sposób ten jest jeszcze niedostatecznie poznany i opisany w literaturze dotyczącej tego zagadnienia, dlatego przeanalizowanie wpływu tego typu oddziaływania na proces rozpuszczania ciała stałego wydaje się być uzasadnione.

## Ocena formalna

Rozprawa doktorska została zrealizowana w Zakładzie Ciepłownictwa i Gospodarki Odpadami na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego pod kierunkiem dr hab. inż. Rafała Rakoczego, prof. nadzw. ZUT. Promotorem pomocniczym w postępowaniu doktorskim jest dr. inż. Marian Kordas.

Recenzowana rozprawa doktorska została przedstawiona na 144 stronach maszynopisu, co w opinii recenzenta jest wartością adekwatną dla tego typu prac. Przedstawioną do recenzji pracę, składającą się z 6 rozdziałów, podzielić można na dwie zasadnicze części: część teoretyczną (*Wprowadzenie i Studia literaturowe*) oraz część doświadczalną (*Cel i zakres pracy, Część doświadczalna, Wyniki badań oraz ich analiza, Wnioski i uwagi końcowe*). Całość poprzedza rozdział zawierający streszczenie pracy w językach polskim (*Streszczenie*) i angielskim (*Summary*). Piśmiennictwo cytowane stanowi 143 pozycje literaturowe, aktualne i właściwie dobrane, obejmujące głównie artykuły naukowe i monografie z ostatnich lat. Dodatkowo do pracy dołączono 3 załączniki (*Statystyczna analiza pomiarów indukcji magnetycznej, Opracowanie zagadnień związanych z wymianą ciepła w generatorze wirującego pola magnetycznego, Przekroje przedstawiające kontury średniej prędkości cieczy w mieszalniku magnetycznym i mechanicznym uzyskane z symulacji numerycznych CFD*).

W części literaturowej Autor pracy scharakteryzował proces rozpuszczania. W dalszej części dysertacji Doktorant skoncentrował uwagę na sposobach intensyfikacji tego procesu. Końcowy element przeglądu literaturowego stanowi opis przykładowych zastosowań wirującego pola magnetycznego oraz przegląd rozwiązań patentowych mieszalników i mieszadeł magnetycznych.

Część doświadczalna, stanowiąca najobszerniejszy rozdział pracy, zawiera istotne informacje o zastosowanych odczynnikach i materiałach, metodach i technikach badawczych z uwzględnieniem najnowocześniejszej dostępnej aparatury tj. oprogramowanie ANSYS Fluent 14.5, jak i przedstawia wyniki badań i ich omówienie.

W rozdziale *Wnioski i uwagi końcowe* Doktorant zawarł najistotniejsze rezultaty ze zrealizowanej pracy z rozległym komentarzem. W opinii recenzenta bardziej czytelne byłoby przedstawienie wniosków w skróconej formie.

Na pochwałę zasługuje szata graficzna pracy. Wszystkie rysunki w pracy zostały starannie przygotowane, są kolorowe i mają jednolitą szatę graficzną, przez co praca zyskuje na ogólnej ocenie.

Podsumowując, rozprawa doktorska napisana jest bardzo ładnym językiem, bez specjalnego filozofowania, przez co czyta się ją z ogromną przyjemnością.

## Ocena merytoryczna

Przedstawiona praca doktorska Pana mgr inż. Grzegorza Story poświęcona jest analizie wpływu wirującego pola magnetycznego na rozpuszczanie ciała stałego. Analiza literaturowa pozwoliła Autorowi rozprawy na sformułowanie celu badań, które wykonano w szerokim zakresie zmienności parametrów pracy w trzech układach badawczych tj. w mieszalniku mechanicznym, w mieszalniku

wspomagany wirującym polem magnetycznym oraz w mieszalniku zaopatrzonego w mieszadło turbinowe Rushtona z jednoczesną pracą wirującego pola magnetycznego. Standardowy mieszalnik mechaniczny stanowił układ odniesienia dla opisywanych procesów.

Za najważniejsze osiągnięcia mgr inż. Grzegorza Story należy uznać:

- określenie efektywności procesu wymiany masy w mieszalniku magnetycznym,
- wyznaczenie bezwymiarowego czasu mieszania dla badanych układów,
- scharakteryzowanie wymiany masy w badanych układach,
- określenie gęstości i dyssypacji energii,
- przeprowadzenie podstawowych symulacji numerycznych.

W mojej opinii Pan mgr inż. Grzegorz Story osiągnął wszystkie postawione cele. Wartość naukową pracy potwierdzają osiągnięcia publikacyjne Doktoranta w postaci oryginalnych artykułów opublikowanych m.in. w czasopismach: *Chemical Engineering Science*, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, *Polish Journal of Chemical Technology* oraz *Chemical Papers*. Biorąc pod uwagę aktualność problematyki badawczej, jej duży zakres, wysoką jakość prezentowanych wyników oraz ich istotny wkład w istniejący stan wiedzy, a także ponadprzeciętną aktywność naukową Doktoranta rekomenduję Wysokiej Radzie Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego **wyróżnienie rozprawy doktorskiej** Pana mgr. inż. Grzegorza Story.

#### **Uwagi**

Obowiązkiem recenzenta jest znaleźć w pracy niedokładności, błędne sformułowania oraz pewne błędy edytorskie czy językowe. Jednak nadrzędnym obowiązkiem jest ocena merytoryczna, która ma wskazać pewne niejasności. Praca napisana jest bardzo ładnym i poprawnym językiem polskim. Przedstawiona do recenzji praca zredagowana jest starannie, ale nie jest wolna od drobnych błędów edytorskich (np. Załącznik 2 *Opracowanie zagadnień związanych z wymianą ciepłą w generatorze wirującego pola magnetycznego*).

#### **Uwagi merytoryczne i kwestie dyskusyjne**

Niezależnie od mojej bardzo wysokiej oceny jakości badań zaprezentowanych w rozprawie doktorskiej Pana mgr inż. Grzegorza Story, nasunęły mi się w czasie tej lektury drobne uwagi o charakterze dyskusyjnym:

1. Dlaczego zastosowano koszyczek do rozpuszczania ciała stałego. Czy takie układy są spotykane w praktyce? Czy konstrukcja koszyczka nie wpływała na proces rozpuszczania?
2. Po co były pomiary cieplne w pracy i wyznaczenie współczynnika wnikania ciepła?
3. Czy Doktorant potrafiłby wskazać procesy rozpuszczania ciał stałych prowadzone z użyciem wirującego pola magnetycznego i kiedy pole magnetyczne może być stosowane? Jakie są nakłady energetyczne, a jakie korzyści z zastosowania wirującego pola magnetycznego? Czy rozpuszczanie ciała stałego w obecności pola jest z punktu widzenia energetycznego uzasadnione? Czy jest to opłacalne?

Powyższe pytania nie wpływają jednak na ogólną bardzo wysoką ocenę dysertacji i nie umniejszają wartości merytorycznej prezentowanych rezultatów.

Należy zaznaczyć istotny wkład Doktoranta w rozwój szeroko rozumianej inżynierii chemicznej i dziedzin pokrewnych. Wnosi on znaczący element nowości naukowej w obecny stan wiedzy, a przeprowadzone badania odznaczają się oryginalnością i mają duży potencjał w aspekcie ich zastosowania w praktyce. Uwzględniając aktualność podjętej tematyki rozprawy, trafność zdefiniowanego celu oraz poprawność wnioskowania, oceniam ją bardzo pozytywnie. Sposób zaplanowania i prowadzenia badań, jak również forma przedstawienia uzyskanych wyników nie budzą istotnych zastrzeżeń. Uważam, że praca doktorska mgr inż. Grzegorz Story zawiera oryginalne rezultaty a podjęte w niej problemy otwierają nowe i ciekawe kierunki badań.

### **Wniosek końcowy**

Reasumując stwierdzam, iż recenzowana przeze mnie praca doktorska Pana mgr inż. Grzegorza Story odpowiada warunkom określonym w art. 143. Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku „o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami), i wnioskuję do Komisji Doktorskiej oraz Rady Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego o przyjęcie pracy i dopuszczenie Pana mgr inż. Grzegorza Story do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

POLITECHNIKA POZNAŃSKA  
WYDZIAŁ TECHNOLOGII CHEMICZNEJ  
INSTYTUT TECHNOLOGII I INŻYNIERII CHEMICZNEJ



DR HAB. INŻ. MAREK OCHOWIAK  
KIEROWNIK ZAKŁADU INŻYNIERII I APARATURY CHEMICZNEJ