

Recenzja Pracy Doktorskiej Pana mgr Mariusza Borkowskiego

pt. „Influence of liquid physicochemical properties on single bubble motion and stability of foam films and foams”

Promotor dr hab. Jan Zawała prof. IKiFP PAN

Recenzowana rozprawa doktorska została przygotowana pod kierownictwem dr hab. Jana Zawały prof. IKiFP PAN w Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera Polskiej Akademii Nauk w Krakowie. Ośrodek ten jest jednym z wiodących w Polsce i na świecie centrów badań nad oddziaływaniami międzyfazowymi w układach zdyspergowanych. Rozprawa przygotowana jest w zakresie dyscypliny naukowej chemia, należącej do dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych. Recenzowana praca przygotowana została na podstawie pięciu artykułów naukowych i została napisana w języku angielskim. Na początku pracy umieszczono streszczenie, listę stosowanych symboli, następnie teoretyczne wprowadzenie do zjawisk międzyfazowych: ruch pęcherzyków w cieczach, zjawiska międzyfazowe na granicy faz gaz ciecz oraz pian. Część doświadczalna została podzielona na pięć krótkich rozdziałów opisujących treści zawarte w artykułach naukowych będących podstawą rozprawy doktorskiej. Rozprawa zawiera ponadto: uwagi końcowe, spis źródeł cytowanych, osiągnięcia naukowe doktoranta, dołączone artykuły naukowe i oświadczenie współautorów, cała praca obejmuje 179 stron.

Zachowanie pęcherzyka gazu w roztworze substancji powierzchniowo czynnej oraz jego zderzenie z powierzchnią ma fundamentalne znaczenie w procesie powstawania pian. Na przestrzeni ostatnich lat w literaturze naukowej zauważyć można wzrost zainteresowania naukowców tym zjawiskiem. W wielu pracach naukowych czynione są próby matematycznego opisu kinetyki powstawania dynamicznej warstwy adsorpcyjnej dla wodnych roztworów środków powierzchniowo czynnych. Zauważyć należy, iż dominuje stosowanie modeli opisujących warunki stacjonarne, co nie w pełni opisuje układy rzeczywiste. W związku z czym próby zastosowania tego typu opisów teoretycznych do układów rzeczywistych prowadzą do wielu nieporozumień. Opis tego zjawiska komplikuje także fakt, że nie ma ogólnej teorii opisującej kinetykę powstawania dynamicznej warstwy adsorpcyjnej w roztworach środków powierzchniowo czynnych o różnej aktywności powierzchniowej. W licznych pracach wykazano zdolność badanych związków do obniżania



napięcia powierzchniowego roztworów, bardzo niewiele było prób teoretycznego opisu procesu adsorpcji za pomocą modelu pozwalającego na wyodrębnienie przydatnych parametrów fizykochemicznych.

Wszystkie prace składające się na rozprawę doktorską zostały już zrecenzowane przez specjalistów, powołanych przez komitety redakcyjne czasopism, w których te artykuły zostały opublikowane. Ich sumaryczny impact factor wynosi 30,8. W związku z czym, w recenzji doktoratu można się skupić na syntetycznej analizie tylko niektórych, najbardziej istotnych zdaniem recenzenta problemów.

Do najważniejszych osiągnięć zdaniem recenzenta należą:

1. Wykazanie, że temperatura ma znaczący wpływ na prędkość wznoszącego się pęcherzyka. W czystej cieczy efekt ten jest spowodowany jedynie modyfikacją właściwości fizykochemicznych fazy wodnej, a nie zmianą hydrodynamicznych warunków brzegowych na powierzchni pęcherzyka. Natomiast w przypadku roztworów z substancjami powierzchniowo czynnymi, zmiana temperatury przyspiesza kinetykę tworzenia dynamicznej warstwy adsorpcyjnej, co powoduje szybsze unieruchomienie granicy faz ciecz/gaz.
2. Wykazanie, że zachowanie adsorpcyjne syntetyzowanych związków może być z powodzeniem opisane za pomocą proponowanego modelu, w tym izotermi Helfanda-Frischa-Lebowitza opartej na równaniu stanu cząstek 2D podobnych do dysku twardego, z właściwościami molekularnymi cząstek surfaktantu, otrzymanych za pomocą symulacji dynamiki molekularnej. Model teoretyczny umożliwiający scharakteryzowanie adsorpcji i właściwości fizykochemicznych biodegradowalnych surfaktantów, w oparciu o strukturę molekularną, może znaleźć szerokie zastosowanie w ocenie ich przydatności w otrzymywaniu układów koloidalnych (kosmetyki, przemysł spożywczy, recykling).
3. Żywotność filmu pianowego w odniesieniu do n-oktanolu, CTAB i Tween 80 zależy w dużym stopniu od struktury dynamicznej warstwy adsorpcyjnej wywołanej ruchem na powierzchni pęcherzyka. Ponadto wykazano, że może tworzyć się pęcherzyk o zupełnie różnym stopniu początkowego pokrycia adsorpcyjną powłoką pianową o podobnej stabilności.
4. Stwierdzono, że w zależności od stanu warstwy adsorpcyjnej, wywołanej ruchem na powierzchni pęcherzyka podczas etapów wznoszenia i odbijania, dynamika wyciekania pojedynczej warstwy pianki może być spektakularnie różna. Korzystając z bezpośrednich symulacji numerycznych wykazano, że redystrybucja środka



powierzchniowo czynnego może zachodzić na powierzchni pęcherzyka w wyniku dynamiki odbijania, silnie wpływając na ruchliwość międzyfazową i prowadząc do wolniejszego tempa wyciekania warstwy piankowej. Ponieważ amplituda odbicia zależy bezpośrednio od prędkości narastania, która z kolei koreluje z warstwą adsorpcyjną środków powierzchniowo czynnych na powierzchni pęcherzyka podczas etapu wznoszenia wykazano, że czas życia pęcherzyków powierzchniowych powinien być ściśle związany z historią ich powstawania.

5. Zaprezentowane wyniki pokazały ciekawy przykład systemu spieniania w odniesieniu do mieszanin N-laurylo-L-alaniny, N-laurylo-L-leucyny, N-laurylo-L-felunoaliny z n-oktanołem, w którym aktywność powierzchniowa może być kontrolowana in situ poprzez konwekcję. Odkrycie to znacznie rozszerza również zakres potencjalnie interesujących cząsteczek, które mogą być stosowane jako wydajne dodatki pianotwórcze i mogą wpływać na obecne zrozumienie roli wiązań wodorowych w projektowaniu mieszanin środków powierzchniowo czynnych.

Uwagi i pytania:

1. W rozprawie doktorskiej brak wyraźnie zdefiniowanego celu pracy.
2. Jaka była motywacja zastosowania tych konkretnie surfaktantów?
3. W publikacji D1 zostało napisane: „Commercially available n-pentanol (>99%), a non-ionic surfactant, was purchased from Merck.” Czy n-pentanol został uznany za surfaktant?
4. W przypadku zastosowanie techniki DLS jakie konkretnie wpisano parametry dla fazy zdyspergowanej.
5. Wnioski w rozprawie doktorskiej są bardzo szczegółowe, natomiast praca doktorska powinna być komplementarna. W związku z czym proszę o sprecyzowanie kilku głównych wniosków płynących z przeprowadzonych badań.

Wymienione przeze mnie uwagi i komentarze mają charakter dyskusyjny i nie mają na celu podważania wartości merytorycznej przedstawionej rozprawy doktorskiej. Moja pozytywna ocena na temat pracy doktoranta pozostaje niezmienna. Uważam, że doktorant osiągnął wyznaczone cele badawcze, a uzyskane wyniki stanowią istotny wkład w poszerzenie wiedzy na temat.

Praca zawiera nieliczne błędy edytorskie, które nie wpływają w żaden sposób na jej ocenę.

Mgr Mariusz Borkowski według bazy Scopus jest współautorem 11 publikacji naukowych. Jego h-index wynosi 4, a prace cytowane były 60 (15-01-2024) razy. Wyniki zamieszczone w rozprawie doktorskiej prezentowane były na 9 konferencjach naukowych.



Wyniki w większości prezentowano w formie posterów, ale były także komunikaty ustne. Doktorant wykonywał wiele badań we współpracy z zagranicznymi jednostkami badawczymi oraz uczestniczył w realizacji szeregu projektów badawczych. W przypadku jednego z nich był liderem projektu.

Wniosek końcowy:

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr Mariusza Borkowskiego zatytułowana: „Influence of liquid physicochemical properties on single bubble motion and stability of foam films and foams” spełnia warunki określone w art. 187 ust. 1-3 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, z dnia 20 lipca 2018 r. (t.j. dz. U. 2022, poz. 574 z późn. zm.) i wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera Polskiej Akademii Nauk o dopuszczenie Kandydata do dalszych etapów przewodu doktorskiego celem uzyskania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauk chemicznych. Jednocześnie, biorąc pod uwagę niezwykle aktualność podjętej tematyki badawczej, a także wielotorowość, wysoki poziom i oryginalność prowadzonych we współpracy ze znanymi ośrodkami naukowymi badań, składam do Rady Naukowej Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera Polskiej Akademii Nauk wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr Mariusza Borkowskiego.

Katedra Zjawisk Międzyfazowych
Instytut Nauk Chemicznych
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
Konrad Terpiłowski
dr hab. Konrad Terpiłowski
prof. UMCS

