



Poznań, 23.03.2023 r.

dr. hab. Robert E. Przekop, prof. UAM
Centrum Zaawansowanych Technologii
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Wojciecha Huberta Bednarka
„Wpływ sił ścinających na krystalizację domieszkowanego izotaktycznego polipropylenu”
Praca została zrealizowana na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej
Politechniki Poznańskiej

Podstawa wykonania recenzji

Recenzję wykonano na zlecenie Rady Naukowej Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Poznańskiej.

Wprowadzenie

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska stanowi cykl sześciu publikacji współautorskich i dotyczy zagadnienia badań podstawowych w obszarze polimerów i materiałów polimerowych, wpisując się w zakres dyscypliny nauki chemiczne. Praca została wykonana w Zakładzie Polimerów pod kierunkiem pana dr hab. inż. Dominika Paukszty, na

Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej. W ramach rozprawy Autor podjął próbę skorelowania wpływu sił ścinających i domieszek syntetycznych lub pochodzenia naturalnego na procesy zarodkowania i krystalizacji izotaktycznego polipropylenu. Podjęta tematyka badawcza należy do aktualnych zagadnień badawczych współczesnej nauki o polimerach i materiałach polimerowych, a jej podjęcie przez Autora jest podyktowane szeregiem zalet i korzyści poznawczych, zarówno w warstwie inżynierskiej i technologicznej, jak również w ujęciu aspektów funkcjonalnych dla wyrobów otrzymywanych z tego tworzywa.

Aanaliza techniczna struktury i formy rozprawy

Praca została wykonana w formie zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych omówionych w liczącej 63 strony rozprawie zawierającej następujące elementy: wykaz publikacji monotematycznych, wykaz skrótów i oznaczeń, wprowadzenie, analiza dotychczasowego stanu wiedzy w przedmiocie badań, podsumowanie studiów literaturowych. Rozprawa zawiera również niezbędne elementy takie jak: określenie hipotezy i celu pracy, zakres pracy oraz metodologię, opis najważniejszych rezultatów oraz wykaz wykorzystanej literatury liczący 129 pozycji. Do rozprawy dołączono wydruki artykułów będących podstawą osiągnięcia naukowego, oznaczone symbolami **D1-D6**. Artykuły te opublikowano w latach 2018-2022 i zostały one zamieszczone w czasopismach o zasięgu międzynarodowym, mogących poszczycić się wysoką oceną mierzoną wartością indeksu IF (*Impact Factor*). Pracę poprzedza wykaz skrótów i symboli, co jest obecnie standardem w dysertacjach wykorzystujących różnorodne techniki badawcze i związki chemiczne. Należy zauważyć dbałość o przejrzystość poprzez zastosowanie sortowania alfabetycznego skrótów. Ponadto wszystkie skróty mają pełne rozwinięcie do anglojęzycznej formy, nie pozostawiając czytelnikowi wątpliwości czego dotyczą. Po dość obszernym wprowadzeniu popartym szerokim przeglądem literaturowym Autor przedstawia hipotezę badawczą, na podstawie której formułuje cel pracy. Dalej mamy w układzie klasycznym zasadniczą, doświadczalną część pracy wraz z metodologią badawczą oraz omówienie uzyskanych wyników, które syntetycznie obejmuje rozdział zawierający ich podsumowanie. Pracę reasumuje spis literatury oraz wykaz dorobku naukowego Autora, obejmujący artykuły naukowe, udział w krajowych konferencjach naukowych a także zgłoszenia patentowe i przyznany patent, będący wynikiem współpracy z przemysłem. Załączone publikacje

poprzedzają oświadczenia współautorów określające udział procentowy i wkład Autora w powstanie tych prac.

Krytyczna ocena rozprawy doktorskiej

Przedmiotem ocenianej rozprawy doktorskiej jest zagadnienie zarodkowania i krystalizacji izotaktycznego propylenu w kontekście wybranych nukleantów, badane przy użyciu zróżnicowanych technik eksperymentalnych, takich jak WAXS, DSC czy mikroskopii PLM. We wprowadzeniu Autor w przejrzysty i czytelny sposób wprowadza podstawowe pojęcia z zakresu krystalografii materiałów polimerowych. Wymieniono i wyjaśniono kluczowe, z punktu widzenia problematyki pracy definicje i pojęcia. W dalszej części opisane zostały czynniki chemiczne (nukleanty) i fizyczne (siły ścinające) wpływające na zjawisko nukleacji (zarodkowania). W tym miejscu na Rysunku 1 pojawia się interesujące określenie na strukturę krystaliczną – *shish-kebab*, dla którego można było zaproponować polskie tłumaczenie. Wydaje się, że użyte tłumaczenie słowa *amplification*, jako intensyfikacja lepiej oddaje słowo **wzmocnienie**, które jest praktycznym zastosowaniem matematycznej superpozycji funkcji, w naukach materiałowych przejawiającym się znacznym zwielokrotnieniem, nie będącym prostym sumowaniem efektów. W dalszej części pracy pojawia się precyzyjny opis zagadnień związanych z opisem zjawiska polimorfizmu krystalograficznego izotaktycznego polipropylenu oraz zagadnień związanych z zarodkowaniem oraz mechanizmami tego procesu. Istotnym elementem warsztatu badawczego opisanego w pracy jest zastosowanie metody *in situ* – mikroskopii PLM sprzężonej z reometrią. Równoległym potwierdzeniem znajomości podstaw teoretycznych podjętego przez Autora problemu badawczego jest praca przeglądowa D1, w której znajdujemy wyczerpujące studium literaturowe tego zagadnienia. Dopelnieniem warsztatu eksperymentalnego są zastosowane przez Autora techniki *ex situ*, takie jak: skaningowa kalorymetria różnicowa (DSC) czy techniki dyfrakcyjne (WAXS i SAXS). Mając na uwadze, że przedłożone jako osiągnięcie naukowe prace przeszły pełną procedurę recenzji nadzorowanej przez renomowane czasopisma naukowe nie podejmuje ponownej oceny merytorycznej uzyskanych rezultatów.

W warstwie stylistycznej ocenianej rozprawy, na wyróżnienie zasługuje stosowanie przez Autora polskich zwrotów i określeń w miejsce powszechnie stosowanych określeń

anglojęzycznych np. struktura nadcząsteczkowa w miejsce supramolekularna, zarodkowanie w miejsce nukleacji (choć nie jest to zawsze konsekwentnie stosowane). Autor świadomie korzysta z bogactwa języka ojczystego, jednak w niektórych przypadkach nie ustrzegł się skorzystania z określeń typu: **addytyw** w miejsce dodatek. Dbłość o poprawności językową oraz stylistyczną w ocenianej pracy stoi na wysokim poziomie i może być w moim przekonaniu wzorcem dla innych prac w dyscyplinie nauk chemicznych czy szerzej, nauk ścisłych. Chciałbym podkreślić to w szczególności ze względu na panujący obecnie trend zapożyczeń z języka angielskiego czy stosowanych w rozprawach kalek językowych. Rozprawa doktorska jest nie tylko dowodem na znajomość dyscypliny naukowej ale również powinna być dowodem na biegłe posługiwanie się językiem ojczystym. Kwestie językowe będą się pojawiać w wielu miejscach niniejszej recenzji ze względu na interdyscyplinarny charakter rozprawy oraz fakt, że nauka o polimerach, a szerzej o materiałach ze względu na swój dynamiczny rozwój wymaga nieustannego poszerzania zakresu słownictwa również w obszarze słowotwórczym. Mimo tego, że przedmiotem rozprawy są zagadnienia ściśle związane z badaniami podstawowymi, zwracana jest równocześnie uwaga na rolę tych badań w aspekcie praktycznym – wskazana korelacja polimer- krystalit- wyrób-właściwości użytkowe. Autor ma świadomość powiązania między podstawowymi właściwościami materii a ich wpływem na właściwości wyrobu końcowego. Mając to na uwadze wskazuje on na ciągłą potrzebę poszukiwania i doskonalenia receptur i procedur otrzymywania materiałów z użyciem nieustannie aktualizowanej wiedzy w tym obszarze.

Jako istotną zaletę rozprawy należy uznać zastosowanie szerokiego wachlarza technik eksperymentalnych, poza uprzednio wymienionymi, były to również spektroskopia w podczerwieni, mikroskopia elektronowa z analizą rentgenowską czy pomiary kąta zwilżania powierzchni przez wodę metodą goniometryczną. Wykorzystanie różnorodnych narzędzi analitycznych jest dzisiaj powszechnym standardem i świadczy o wszechstronnym przygotowaniu warsztatu badawczego naukowca. Z mojego punktu widzenia wskazanym jest opisywanie faz krystalicznych dla refleksów występujących na dyfraktogramach bezpośrednio na wykresach (rysunki 8, 15, 16). Autor wykazał się znajomością zarówno metody planowania eksperymentu naukowego jak i analizą uzyskanych wyników. Wszystkie opublikowane prace wchodzące w skład zbioru przedstawionych prac należą do czasopism renomowanych, o uznanej reputacji w środowisku naukowym. Dobór czasopism był

adekwatny do prezentowanych wyników i odpowiadał standardom dla dyscypliny nauki chemiczne.

Za największe zalety pracy uważam podjęcie przez Autora ważnej z naukowego i zarazem technicznego punktu widzenia problematyki rozwoju wiedzy o materiałach polimerowych. Zaproponowane przez Autora spojrzenie na zagadnienia związane z zarodkowaniem i krystalizacją materiałów polimerowych uwzględniają szerokie spojrzenie w rozumieniu użytych narzędzi badawczych, ze szczególnym uwzględnieniem horyzontu *in-situ* i *ex-situ* obserwacji obiektu badawczego. Takie ujęcie problemu badawczego pozwoliło na sformułowanie nowych obserwacji, w tym istotnych z perspektywy wiedzy podstawowej omawianego zagadnienia.

Autor nie ustrzegł się również błędów, na przykład układ $\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ nazywany przez Autora „substancją”. $\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ powinien być po prostu określony jako krzemian magnezu, który jest dogodnym, lekkim napełniaczem dla materiałów kompozytowych. Nazwę tę Autor stosuje przecież w tytule swojej publikacji **D3**. Zwróciłem również uwagę na posługiwanie się uproszczeniem „modyfikacja lantanem”, które jest mylące, ponieważ wskazuje na modyfikację metaliczną formą tego pierwiastka, tymczasem z treści pracy **D4** wynika, że chodzi o wodorotlenek lantanu. Również stosowane oznaczenie próbki – $\text{ZrO}_2\text{xSiO}_2/\text{La}$ wskazuje na zastosowanie metalu na powierzchni tlenkowej. W tym miejscu chciałbym zwrócić uwagę (skierowaną nie tylko do Autora) na problem czytelności zdjęć, w szczególności zdjęć mikroskopii elektronowej w drukowanych wersjach manuskryptów. Niestety rozróżnienie niektórych szczegółów w drukowanej wersji pracy jest niemożliwe. W czasach powszechnej cyfryzacji może mieć to mniejsze znaczenie, jednak prace są nadal recenzowane na podstawie manuskryptu drukowanego i należy zwrócić uwagę na istotny problem czytelności fotografii po wydruku. Miejscami Autor ucieka się do zbędnej różnorodności leksykalnej przez wprowadzenie i nadmierne użycie wyrazów takich jak na przykład addytywy (zamiast: dodatki) czy rezultaty (zamiast: wyniki). Od strony językowej pracę uznaję za logiczną, poprawną i spójną stylistycznie oraz łatwą w odbiorze i zrozumieniu intencji Autora co do przekazywanych treści i opisywanych zjawisk. Praca wolna jest od błędów ortograficznych i stylistycznych. Przytoczne uwagi nie mają charakteru krytycznego a stanowią jedynie wstęp do dalszej dyskusji z postawionymi w pracy tezami.

Mając na uwadze wymienione wcześniej, chciałbym wymienić najważniejsze uwagi polemiczne:

1. Jak Autor widzi kwestię wpływu wielkości cząstek napełniacza w kontekście badanych i opisywanych zjawisk? W przedłożonych publikacjach nie było zamieszczonych krzywych dystrybucji rozmiaru wielkości cząstek, a jedynie zdjęcia mikroskopowe (SEM), na podstawie których można mieć ogólne wyobrażenie o zakresie wielkości cząstek napełniacza.
2. Co może mieć bardziej dominujący wpływ na obserwowane przez Autora zjawiska (w obszarze kinetycznym oraz w efekcie końcowym) - mikrostruktura czy nanostruktura (oraz krystaliczność) powierzchni stosowanych czynników zarodkujących?
3. Proszę o wyjaśnienie wartości podanych na stronie 43 w Tabeli 4, z właściwościami mechanicznymi próbek. Podane wartości dla modułu Younga wydają się być za niskie o kilka rzędów wielkości.
4. Proszę o wyjaśnienie przez Autora w jaki sposób definiuje on używane w rozprawie pojęcie „stabilności przetwórczej”?
5. Czy Autor może szerzej skomentować korelację (lub jej brak) pomiędzy udarnością otrzymywanych materiałów a ich stopniem krystaliczności?

Na zakończenie oceny należy wspomnieć o bogatym dorobku naukowym i organizacyjnym doktoranta. Pan mgr inż. Wojciech Hubert Bednarek jest współautorem 9 publikacji (oraz dalszych 4 w recenzji wydawniczej) w renomowanych czasopismach naukowych o wysokim współczynniku IF, związanych z problematyką rozprawy doktorskiej. Posiada on również imponujący dorobek patentowy (jeden przyznany patent oraz 5 zgłoszeń patentowych) świadczący o ponadprzeciętnej aktywności w obszarze badań stosowanych. Pan Wojciech Bednarek uczestniczył aktywnie we współpracy z otoczeniem gospodarczym poprzez udział w pracach badawczych w ramach projektów realizowanych przez przedsiębiorstwa.

4. Ocena końcowa rozprawy doktorskiej

Na podstawie szczegółowej analizy przedłożonej mi do recenzji rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Wojciecha Huberta Bednarka „Wpływ sił ścinających na krystalizację domieszkowanego izotaktycznego polipropylenu”, stwierdzam, że praca ta w pełni spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami i zwracam się do Rady Naukowej Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony. Przedłożona praca stanowi istotny wkład w rozwój naukowy i techniczny dyscypliny nauki chemicznej, w obszarze materiałów polimerowych. Biorąc pod uwagę poziom naukowy pracy, jest staranne zredagowanie, znakomity warsztat badawczy Pana mgr. inż. Wojciecha Huberta Bednarka oraz jego wyróżniający dorobek edukacyjny i naukowo-badawczy, wnioskuję o wyróżnienie jego pracy doktorskiej.

