

Prof. dr hab. inż. Henryk Galina
em. prof. zw. Politechniki Rzeszowskiej

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr Joanny Bojdy pt. *Wpływ odkształcenia ścinającego na krystalizację polimerów biodegradowalnych*

Przedstawione do recenzji opracowanie jest obszernym dziełem liczącym 136 stron. Jego pierwsza część, stanowiąca około połowy objętości, ma charakter typowy dla dysertacji doktorskich. Zawiera polsko- i angielskojęzyczne streszczenie oraz zasadnicze rozdziały zatytułowane: *Wprowadzenie* (17 str.), *Cel pracy* (1 str.), *Opis badań* (30 str.), *Podsumowanie rozprawy i wnioski* (3 str.) oraz *Bibliografia* (126 poz.). Natomiast druga część zawiera kopie czterech opublikowanych prac autorki oraz oświadczenia współautorów dokumentujące ich udział w przygotowaniu poszczególnych artykułów. Artykuły te stanowią opublikowane wersje treści zawartych w ocenianej rozprawie doktorskiej. Ostatni fragment dzieła zawiera wykaz dorobku naukowego Autorki, obejmujący imponujące liczby 17 artykułów opublikowanych w czołowych czasopismach o międzynarodowej cyrkulacji, 1 zgłoszenia patentowego, 18 referatów/komunikatów oraz 10 plakatów konferencyjnych prezentowanych na krajowych i międzynarodowych imprezach naukowych. Wykaz zawiera także listę 5 projektów badawczych, w których Doktorantka pełniła rolę wykonawcy. Trzy spośród nich były finansowane przez Narodowe Centrum Nauki, jeden przez fundusze europejskie w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, a kolejny, przez projekt polsko-belgijski.

Swoją ocenę rozprawy przedstawię w trzech punktach:

1. Znaczenie podjętej tematyki, jej aktualność i nowoczesność.
2. Warsztat badawczy Doktorantki.
3. Sposób przygotowania rozprawy.

Ad. 1. Zasadniczym przedmiotem rozprawy są zagadnienia dotyczące krystalizacji 10 polimerów L-laktydu i biodegradowalnego kopolimeru kwasów adypinowego i tereftalowego z butanodiolem. W ostatnich latach tworzywa polimerowe nie cieszą się najlepszą prasą. Dotyczy to szczególnie tych materiałów, które służą do produkcji opakowań.

Niestety, w dużym procencie po wykorzystaniu trwale zanieczyszczają one środowisko. Z tego punktu widzenia podjęcie przez Doktorantkę tematyki fizycznej modyfikacji alternatywnych materiałów polimerowych, bardziej przyjaznych dla środowiska, było jak najbardziej na czasie. Wspomniane polimery biodegradowalne, które stanowiły obiekt badań Doktorantki, mogą pełnić rolę materiałów bezpieczniejszych dla środowiska i służyć do produkcji opakowań lub przedmiotów użytkowych. Byłyby one pozbawione dwóch zasadniczych wad materiałów powszechnie stosowanych dotychczas: nadmiernej trwałości w środowisku (jako odpad niepoddany recyklingowi) oraz posiadając grzech pierworodny pochodzenia z nieodnawialnych surowców. Niestety, wciąż jeszcze zbyt wysoka cena polimerów kwasu mlekowego i innych biodegradowalnych polimerów syntetycznych, a także ich niektóre niepożądane cechy użytkowe powodują, że przegrywają one w konkurencji z tradycyjnymi materiałami polimerowymi.

W świetle tych uwag uznaję, że tematyka rozprawy jest aktualna i istotna zarówno z poznawczego, jak i utylitarne punktu widzenia. Badania podjęte przez Doktorantkę poszerzają bowiem zakres wiedzy na temat struktury krystalicznej wybranych polimerów biodegradowalnych. Pozyskana wiedza może przyczynić się do wskazania praktycznych sposobów formowania produkowanych z nich wyrobów dla uzyskania optymalnych właściwości użytkowych.

Ad. 2. Na podkreślenie zasługuje wyjątkowa złożoność zagadnień, których wyjaśnienia podjęła się Doktorantka. Na tę złożoność składają się zarówno zróżnicowana budowa polimerów: średnia wielkość cząsteczek, rozkład ich wielkości oraz skład chemiczny (konfiguracja merów), topologia makrocząsteczek (budowa liniowa bądź rozgałęziona), jak i parametry determinujące powstawanie struktury krystalicznej: zakresy zmiany temperatury, dynamika tych zmian oraz zakresy szybkości ścinania. Śledzenie wpływu wspomnianych parametrów na zmiany struktury krystalicznej badanych polimerów wymagało opracowania spójnej metodologii przygotowania i analizy próbek oraz dopasowania metod badawczych. Te ostatnie obejmowały szerokie spektrum, od obserwacji w mikroskopie polaryzacyjnym, poprzez pomiar rozproszenia światła lasera, promieni rentgenowskich pod dużymi i małymi kątami, oraz skaningowej kalorymetrii różnicowej, po skaningową mikroskopię elektronową do obrazowania krystalitów po trawieniu enzymatycznym.

W mojej ocenie zarówno dobór metod badawczych, jak i sprawność Doktorantki w interpretowaniu uzyskanych wyników świadczą o Jej dojrzałości, jako badacza złożonych układów polimerowych. Niewątpliwie stała się Ona ekspertem w obszarze badania struktury polimerów krystalizujących.

Ad. 3. Sposób zredagowania pracy oceniam jako dobry. Pierwsza część rozprawy składa się z części dokumentującej znajomość przez Autorkę teorii krystalizacji polimerów podczas ochładzania w warunkach statycznych, tj. bez deformacji. Przedstawia także aktualny stan wiedzy na temat wpływu odkształceń ścinających na procesy krystalizacji. Z kolei omawia Ona wyniki badań poszczególnych grup polimerów, zgodnie z tematyką czterech publikacji, których kopie stanowią drugą część rozprawy. Tak więc w rozdziale 3.2.1 omawia Doktorantka wyniki badania krystalizacji w warunkach statycznych i wobec odkształcenia ścinającego dwóch komercyjnych polilaktydów o niewielkiej (1,5 i 2,8%) zawartości izomerycznego D-laktydu. Wyniki tych badań zostały opublikowane w czasopiśmie *Polymer Testing* w 2016 r. W rozdziałach 3.2.2. i 3.2.3. omawia z kolei krystalizację sześciu 'konfiguracyjnie czystych' poli-L-laktydów, wszystkich syntetyzowanych w macierzystym Centrum, poza jednym, liniowym polimerem komercyjnym. Te sześć próbek polimerów różniły się masami molekularnymi oraz topologią łańcucha. Obok trzech próbek polimerów o budowie liniowej Autorka badała trzy polimery gwiaździste, dwa 6-ramienne i jeden 4-ramienny. Wyniki badań krystalizacji tych polimerów w warunkach statycznych opublikowane zostały w 2018 r. w czasopiśmie *European Polymer Journal*, natomiast analizy struktury krystalicznej tychże polimerów, poddawanych krystalizacji w obecności naprężenia ścinającego, w czasopiśmie *Molecules* w 2021 r. Z zastosowaniem praktycznie tej samej metodyki badawczej prowadziła Doktorantka analizę struktury krystalicznej kopolimeru kwasów adypinowego i tereftalowego z glikolem 1,4-butylenowym. Wyniki tych badań zostały opublikowane w czasopiśmie *Polymer Testing* w 2020 r. Warto nadmienić, że wobec publikacji nr 3 i 4 mgr Bojda była tzw. autorem korespondencyjnym, tj. przygotowała ostateczną wersję tekstu oraz prowadziła negocjacje z redaktorami czasopisma w sprawie opublikowania prac.

Układ rozprawy uznaję za dosyć oryginalny. Zwykle, w przypadku przedłożenia opublikowanego materiału jako podstawy ubiegania się od stopień doktora, kopiom publikacji towarzyszy jedynie krótki komentarz. W przypadku rozprawy Pani Bojdy, obok

kopii opublikowanych prac znajdujemy dosyć szczegółowy opis o charakterze typowej, pełnej rozprawy doktorskiej. Nie stwierdziłem, by w tekście przygotowanym przez Doktorantkę znalazły się inne informacje niż te, zawarte w publikacjach. Przy czym tekst jest równie, albo nawet bardziej zwięzły. Przykładowo, nie znalazłem opisów ewentualnych nieudanych prób, sposobów dochodzenia do poszczególnych warunków prowadzenia doświadczeń lub liczby powtórzeń poszczególnych eksperymentów. Nie mam natomiast zastrzeżeń co do języka użytego przez autorkę. Zdania są klarowne i precyzyjne. Nie doszukałem się błędów, nawet literówek. Korekta pracy była przeprowadzona bardzo starannie. Zwróciłem jedynie uwagę na częste używanie przez Autorkę zaimka komunikacyjnego 'jakkolwiek', czego oczywiście nie zaliczam do błędów. Nadaje to jedynie indywidualny rys formułowanemu przez Nią tekstu.

Reasumując uważam, że nowoczesność tematyki badawczej, wykorzystanie zaawansowanych metod badawczych, prawidłowa i wnikliwa interpretacja wyników oraz przedstawienie uzyskanych rezultatów pracy w klarowny sposób, dobrym językiem świadczy w dobitny sposób, iż mgr Joanna Bojda w pełni zasługuje na uzyskanie stopnia naukowego doktora. O Jej dojrzałości naukowej świadczy także znakomity dorobek naukowy, także poza tematyką ujętą w rozprawie przedłożonej do oceny.

Z tego względu wnioskuję do Rady Naukowej Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych Polskiej Akademii Nauk o dopuszczenie mgr Joanny Bojdy do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Wrocław, 26 sierpnia 2022 r.



Prof. dr hab. inż. Henryk Galina