

Prof. dr hab. inż. Wojciech Łużny
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Akademia Górniczo-Hutnicza
im.St. Staszica w Krakowie

Kraków, 4 listopada 2013

R E C E N Z J A

rozprawy habilitacyjnej dr. Czesława ŚLUSARCZYKA pt. „Krystalizacja w układach polimerowych – badania metodami szerokokątowej (WAXS) i małokątowej (SAXS) dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego”

oraz

ocena jego dorobku naukowego

1. Ocena rozprawy habilitacyjnej

Przedłożoną mi do oceny rozprawę habilitacyjną dr. Czesława Ślusarczyka stanowi zbiór dziewięciu artykułów naukowych z lat 1999-2013 poprzedzony obszernym i znakomicie opracowanym, niemal 30-stronicowym wprowadzeniem w ich treść. Wśród tych dziewięciu artykułów są trzy jednoautorskie, pozostałe mają kilku współautorów; w dwóch z nich dr Ślusarczyk jest pierwszym autorem, a w czterech pozostałych drugim. Z załączonych oświadczeń Habilitanta oraz oświadczeń złożonych przez wszystkich współautorów (oprócz prof. A. Włochowicza, któremu aktualny stan zdrowia nie pozwala na złożenie odpowiedniego oświadczenia; pozostali współautorzy to: dr Kazimiera Suchocka-Gałaś z UMK w Toruniu, dr hab. Jan Broda, dr Ryszard Fryczkowski, dr Janusz Fabia - wszyscy z ATH w Bielsku-Białej) wynika, że wkład pracy i udział Kandydata w omawianych dziewięciu pracach jest dobrze zdefiniowany i w pełni umożliwia jednoznaczne ocenienie rangi i znaczenia jego osiągnięć.

Problem krystalizacji polimerów jest jednym z najważniejszych zagadnień we współczesnej nauce o polimerach. O ile podstawowe zręby teorii, powszechnie uważanej za poprawną, są znane i stosowane od niemal 50 lat, o tyle – z uwagi na wciąż rosnące

wymagania dotyczące opisu szczegółów procesu krystalizacji polimerów i ich wpływu na charakterystykę powstałego tworzywa – wiedza ta jest niekompletna i wymaga stałego rozwoju. Jednym z najważniejszych czynników umożliwiających ten rozwój jest zastosowanie nowoczesnych narzędzi badawczych, umożliwiających badanie procesu krystalizacji w czasie rzeczywistym; jest to możliwe głównie dzięki zastosowaniu źródeł promieniowania synchrotronowego o bardzo dużym natężeniu i znakomitej kolimacji. W tym właśnie obszarze lokuje się działalność badawcza dr. Cz. Ślusarczyka i tu efekty tej działalności są szczególnie cenne.

Publikacje stanowiące omawianą rozprawę pochodzą z lat 1999-2013 i poświęcone są trzem kierunkom badań, przedstawiającym trzy różne zagadnienia z obszaru problematyki związanej z krystalizacją polimerów. Są to:

- synchrotronowe badania procesu krystalizacji polietylenu w czasie rzeczywistym (publikacje H1 i H2);
- badania krystalizacji poli(tlenku etylenu) w mieszaninie z jonomerem styrenowym (publikacje H3 – H7);
- badania struktury barwionych włókien polipropylenowych i mieszaniny polipropylenu z protonowaną polianiliną (publikacje H8 i H9).

Wszystkie omawiane publikacje ukazały się w renomowanych czasopismach o międzynarodowej cyrkulacji: *Radiation Physics and Chemistry* (dwie), *European Polymer Journal* (dwie), *Journal of Alloys and Compounds*, *Solid State Phenomena*, *Journal of Applied Crystallography*, *Journal of Applied Polymer Science* oraz *Synthetic Metals* (po jednej). Wszystkie te publikacje są oczywiście uwzględnione w bazie *Web of Science*, która podaje też aktualne liczby ich cytowań, wahające się od kilku do kilkunastu.

W opinii recenzenta, bez żadnych wątpliwości można stwierdzić, że monoautorskie publikacje H1 i H2 z lat – odpowiednio - 2013 i 2004, a dotyczące synchrotronowych badań procesu krystalizacji polietylenu w czasie rzeczywistym stanowią (zwłaszcza ta najnowsza) najważniejsze i najlepiej udokumentowane osiągnięcie naukowe Kandydata. W obu pracach Habilitant przedstawił wyniki swoich badań uzyskane za pomocą bardzo nowatorskiej i trudnej techniki eksperymentalnej, polegającej na pomiarach krzywych SAXS w czasie rzeczywistym z użyciem promieniowania synchrotronowego. W starszej pracy Autor przedstawił swoje rozwiązanie poważnego problemu prawidłowego wyznaczenia zmian wskaźnika krystaliczności liniowej Φ_L (co dla badań w czasie rzeczywistym – z uwagi na

szybkie zmiany kształtu funkcji korelacji – nie było możliwe za pomocą wcześniej stosowanych metod obliczeniowych), oraz zastosował tę technikę do zbadania procesów nieizotermicznej krystalizacji i topnienia mieszanin polietylenu wysokiej gęstości z jednorodnym kopolimerem etylen-1-alken (15/85% wagowych). Habilitant wykazał, że zarówno krystalizacja, jak i topnienie mieszaniny zachodzi w dwóch etapach, co ma związek z różną grubością lameli krystalicznych tworzonych przez makrocząsteczki obu składników. Praca H1 natomiast poświęcona jest badaniom procesu izotermicznej krystalizacji polietylenu wysokiej gęstości w czasie rzeczywistym. Jej zasadniczym rezultatem jest wykazanie – po raz pierwszy! – eksperymentalną ewidencję rzeczywistego przebiegu krystalizacji PE poprzez metastabilną fazę heksagonalną, co potwierdza doświadczalnie, w warunkach *in situ*, hipotezę Kellera i współpracowników z roku 1994 dotyczącą roli fazy metastabilnej w procesie krystalizacji polietylenu. Obie omawiane prace bazują na pomiarach wykonanych przy synchrotronie DORIS w ośrodku HASYLAB-DESY w Hamburgu. Warto podkreślić, że badania procesu krystalizacji HDPE dr Cz. Ślusarczyk przeprowadził w specjalnie przez siebie skonstruowanej przystawce temperaturowej, składającej się z dwóch piecyków grzejnych, umożliwiającej rejestrację krzywych SAXS już po kilku sekundach od umieszczenia próbki w danej temperaturze. W opinii recenzenta, obie omawiane tutaj prace, a zwłaszcza ta z roku 2013 dowodzi najwyższego kunsztu Kandydata jako fizyka doświadczalnego i równocześnie jego bardzo wysokich kompetencji w obszarze teoretycznego opracowywania wyników pomiarów, co - jak wszyscy użytkownicy metody SAXS wiedzą doskonale – w przypadku tej metody jest zawsze bardzo złożonym, trudnym i delikatnym jednocześnie problemem.

Pięć publikacji (H3 – H7) stanowi plon badań Kandydata nad krystalizacją poli(tlenku etylenu) w mieszaninie z jonomerem styrenowym. Dr Cz. Ślusarczyk jest znanym specjalistą w dziedzinie badań strukturalnych jonomerów (w tej dziedzinie wykonał swoją pracę doktorską), nic więc dziwnego, że zainicjował szeroko zakrojone badania procesu krystalizacji ich mieszanin z PEO, a do współpracy w tym obszarze zaprosił dr Kazimierę Suchocką-Galaś z Wydziału Chemii UMK w Toruniu, posiadającą duże doświadczenie w syntezie jonomerów. Do badań w tym zakresie Habilitant stosował – oprócz SAXS – również szerokokątową dyfrakcję rentgenowską (WAXS – XRD), różnicową kalorymetrie skaningową (DSC) oraz skaningową mikroskopię elektronową (SEM). Za pomocą tych metod badano strukturę nadcząsteczkową próbki w zależności od składu mieszaniny, zawartości

grup jonowych w jonomerze i rodzaju kationu zobojętniającego te grupy. Najważniejsze wyniki tych badań można podsumować następująco:

- Zbadano stan agregacji grup jonowych w jonomerach w zależności od temperatury, zawartości grup jonowych i rodzaju kationu;
- Określono stopień mieszalności PEO z jonomerem styrenowym;
- Zbadano wpływ zawartości jonomeru na stopień krystaliczności PEO i rozmiary powstających w nim krystalitów;
- Oceniono stopień separacji składników blendy;
- Wykorzystując promieniowanie synchrotronowe, zbadano – w czasie rzeczywistym – wpływ jonomeru styrenowego na proces nieizotermicznej krystalizacji PEO.

W opinii recenzenta, ten właśnie wynik – przedstawiony w monoautorskiej publikacji H7 z roku 2011 – stanowi szczególnie cenne osiągnięcie Kandydata w tym obszarze. Najwyższe uznanie budzi mistrzowskie wykorzystanie możliwości, jakie daje równoczesne prowadzenie pomiarów metodami SAXS i WAXS w czasie rzeczywistym, co było niezbędne dla uzyskania tych wartościowych wyników.

W ostatnim, trzecim obszarze tematycznym omawianej rozprawy habilitacyjnej, Kandydat przedstawia dwie prace poświęcone badaniom krystalizacji i struktury nadcząsteczkowej polipropylenu i jego kompozytów. Praca H8 (najstarsza spośród wchodzących w skład rozprawy) dotyczy badania wpływu obecności pigmentów w objętości krystalizującego polimeru na przebieg procesu krystalizacji; w czasie prowadzenia tych badań (ok. roku 1999) były to prace pionierskie – w literaturze nie było żadnych doniesień na temat oddziaływania barwników w procesie formowania struktury włókien polipropylenowych, a zwłaszcza zagadnieniu ich lokalizacji w tworzywie włókna. Publikacja H9 dotyczy natomiast badań korelacji parametrów opisujących strukturę nadcząsteczkową mieszanin zawierających polipropylen, protonowaną polianilinę i kompatybilizator LG z ich przewodnictwem elektrycznym. Bardzo ciekawym aspektem tych badań jest ich aspekt metodologiczny, bowiem – w przeciwieństwie do typowych układów polimerowych, które (z punktu analizy wyników uzyskanych metodą SAXS) można traktować jako układy dwufazowe – badane mieszaniny stanowią wieloskładnikowe materiały polimerowe i jako takie (z punktu widzenia

gęstości elektronowej) przestają być układami dwufazowymi i podczas badań SAXS można zaobserwować wiele nowych efektów, bardzo trudnych do interpretacji.

Podsumowując tę część recenzji należy stwierdzić, że rozprawa dr Czesława Ślusarczyka stanowi jednolitą i bardzo bogatą w nowatorskie elementy całość, świadcząca o ogromnym doświadczeniu Kandydata w prowadzeniu zaawansowanych badań doświadczalnych w obszarze fizyki polimerów. Wszystkie przedstawione w niej prace przynoszą ciekawe i ważne wyniki z zakresu badań procesu krystalizacji wybranych polimerów, zaś jednoautorskie publikacje o numerach H1, H2 i H7 jednoznacznie dowodzą jego wielkiej samodzielności w prowadzeniu badań z zastosowaniem bardzo trudnych technik eksperymentalnych wykorzystujących promieniowanie synchrotronowe w jednoczesnych pomiarach SAXS i WAXS w czasie rzeczywistym. Recenzent nie ma żadnych wątpliwości, że udział Habilitanta w pozostałych publikacjach mających kilku współautorów, w obszarze planowania badań, prowadzenia eksperymentów badających strukturę i w opracowywaniu ich wyników był zdecydowanie dominujący i rozstrzygający o ich sukcesie i wartości. Niemal 30-stronicowe wprowadzenie w treść tych dziewięciu publikacji jest znakomitym przewodnikiem po zagadnieniach związanych z krystalizacją polimerów i dowodzi bardzo wysokich kompetencji naukowych jego autora.

2. Ocena dorobku naukowego

Dr Czesław Ślusarczyk uzyskał tytuł magistra fizyki na Uniwersytecie Śląskim w Katowicach (1981, dyplom z wyróżnieniem) i stopień doktora nauk fizycznych z fizyki na Politechnice Śląskiej w Gliwicach (1997).

Dr Cz. Ślusarczyk jest wychowankiem jednego z najwybitniejszych polskich ekspertów w dziedzinie fizyki polimerów, a zwłaszcza badań strukturalnych polimerów prowadzonych za pomocą metod SAXS i WAXS - profesora Andrzeja Włochowicza. W jego Instytucie (będącym kiedyś częścią Filii Politechniki Łódzkiej, a potem Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej) od początku lat 70-tych XX wieku prowadzono badania z tego obszaru na najwyższym w Polsce poziomie. Dzięki współpracy zagranicznej, zwłaszcza z wiodącym w Europie ośrodkiem badań w tym obszarze – w Katolickim Uniwersytecie w Leuven (Belgia), badania prowadzone w grupie prof. Włochowicza szybko osiągnęły poziom europejski, a jego wychowankowie (J. Janicki, St.

Rabiej, J. Broda, Cz. Ślusarczyk, R. Kwiatkowski, R. Fryczkowski, J. Fabia i inni) stanowią elitę polskich naukowców w obszarze badań strukturalnych polimerów. W tym kontekście lepiej można ocenić osiągnięcia dr. Czesława Ślusarczyka i ich znaczenie.

Dorobek naukowy Kandydata obejmuje 74 artykuły naukowe (w tym 59 po doktoracie), z czego 41 pozycji z listy JCR (36 po doktoracie). Według Bazy ISI Web of Science (na dzień 28 października 2013) jego prace były cytowane 207 razy (182 bez autocytowań), z czego dwie prace po 18 razy, a jedna 14 razy. Wskaźnik Hirscha dla Kandydata wynosi 7, a tzw. sumaryczny *impact factor* wynosi 31,3. Jak widać, wskaźniki bibliometryczne Habilitanta są bardzo wysokie i – w przekonaniu recenzenta – jednoznacznie wspierają jego wystąpienie o nadanie stopnia doktora habilitowanego. Oprócz publikacji znajdujących się w Bazie JCR, Kandydat jest autorem lub współautorem 24-ech innych publikacji spoza tej Bazy. Na uwagę zasługuje także jego autorstwo rozdziału „Agregacja grup jonowych” w monografii „Jonomery. Struktura, właściwości i zastosowanie”, wydanej przez Wydawnictwo Naukowe UMK w Toruniu w roku 2010 (red. K. Suchocka-Gałaś).

Kandydat odbył szereg staży w zagranicznych ośrodkach naukowych (Leuven, LLB we Francji, NSLL w Brazylii, Loeben w Austrii), i wielokrotnie wykonywał badania w ośrodkach synchrotronowych (zwłaszcza HASYLAB w Niemczech). Wielokrotnie był wykonawcą lub głównym wykonawcą w międzynarodowych (trzech) i krajowych (trzynastu) projektach badawczych. Jako recenzent pracował dla tak renomowanych czasopism, jak *Polymer*, *Langmuir*, czy *Radiation Physics and Chemistry*.

Habilitant jest bardzo aktywny jako uczestnik konferencji naukowych: po doktoracie, osobiście uczestniczył w 65-ciu międzynarodowych i w 27-miu krajowych spotkaniach tego typu, w tym tak prestiżowych, jak *World Polymer Congress IUPAC MACRO*, *International Conference on Small-Angle Scattering*, *European Materials Research Society Fall Meeting E_MRS*, *World Textile Conference AUTEX*, czy wielokrotny udział (łącznie ze współorganizacją!) w najważniejszej imprezie w tym obszarze, czyli w *International Conference on X-Ray Investigations of Polymer Structure*.

Lista wykonanych przez kandydata ekspertyz naukowych i innych zamówionych opracowań zawiera 18 pozycji.

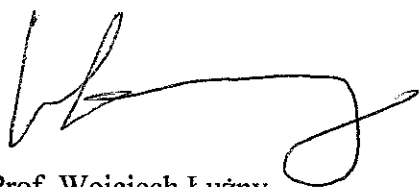
Dr Cz. Ślusarczyk został odznaczony Brązowym Krzyżem Zasługi, a za swą działalność naukową był wielokrotnie nagradzany Nagrodą indywidualną Rektora ATH.

W obszarze działalności organizacyjnej należy podkreślić wielokrotny udział Kandydata w Komitecie Organizacyjnym Konferencji serii XIPS (wspomnianych powyżej) oraz pełnienia także czasochłonnej funkcji Prodziekana ds. Studenckich Wydziału Nauk o Materiałach i Środowisku ATH w kadencjach 2005-2008 i 2008-2012. Habilitant w tych samych latach był także senatorem ATH i przewodniczącym Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej.

3. Podsumowanie

Dr Czesław Ślusarczyk jest wybitnym specjalistą w obszarze fizyki polimerów, a w szczególności w zakresie badań strukturalnych prowadzonych metodami SAXS i WAXS. Jego dorobek naukowy po doktoracie jest bardzo bogaty, zawiera szereg cennych i ważnych wyników. Jest uznanym ekspertem w obszarze wykorzystywania promieniowania synchrotronowego do badań struktury i przemian fazowych w polimerach w czasie rzeczywistym.

Wyniki badań Kandydata przedstawione w ocenianej Rozprawie jednoznacznie świadczą o jego dojrzałości i samodzielności naukowej. Wszystkie ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane kandydatom do uzyskania stopnia doktora habilitowanego z fizyki uważam za spełnione i wnioskuję o dopuszczenie dr. Czesława Ślusarczyka do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.



Prof. Wojciech Łużny