

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Pielichowski
Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej
Politechnika Krakowska

Kraków, 21.07.2014r.

Recenzja

w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Andrzeja Pawlaka w oparciu o
jednotematyczny cykl publikacji „Zbadanie zjawiska kawitacji występującego w
polimerach częściowo krystalicznych poddawanych odkształceniu w stanie stałym”

Dr inż. Andrzej Pawlak jest absolwentem Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej (specjalność *fizyka ciała stałego*), który ukończył w 1981r. Od 1982r. do dnia dzisiejszego jest zatrudniony w Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN w Łodzi, w której to jednostce naukowej wykonał pod opieką naukową prof. dr hab. Andrzeja Gałęskiego pracę doktorską pt. „Zmiany przestrzennego rozkładu naprężeń mechanicznych wywołane obecnością wtrąceń w polimerach przezroczystych”. Na jej podstawie Kandydat uzyskał stopień naukowy doktora nauk chemicznych w zakresie chemii, nadany w 1995r. przez Radę Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej, a sama praca została wyróżniona.

W latach 1996-97 dr Pawlak odbył roczny staż podoktorski w Case Western Reserve University, Cleveland, OH, gdzie w grupie badawczej prof. Erica Baera prowadził prace związane z modyfikacją poli(tereftalanu etylenu) (PET) funkcjonalizowanymi (ko)polimerami, m.in. modyfikowanym kopolimerem SEBS.

Po powrocie do kraju, Habilitant aktywnie włączył się w prace realizowane w macierzystym Zakładzie Fizyki Polimerów dotyczące badania procesu krystalizacji polimerów w warunkach występowania gradientu temperatury, recyklingu i kompatybilizowania PET oraz badań elastooptycznych naprężeń występujących w kompozytach polimerowych. Czynn timer uczestniczył w nowatorskich w tamtym czasie badaniach nad wytwarzaniem i charakteryzowaniem nanokompozytów polimerowych polietylenu lub polipropylenu z montmorylonitem. Zastosowanie kompatybilizatora w postaci poliolefiny szczerpionej bezwodnikiem maleinowym pozwoliło na wytworzenie

nanokompozytów eksfoliowanych o podwyższonej odporności cieplnej. Ten sposób modyfikacji, opisany w pracy opublikowanej w czasopiśmie *European Polymer Journal*, spotkał się z dużym zainteresowaniem społeczności naukowej, odzwierciedlonym w znacznej, bo wynoszącej ok. 130 liczbie cytowań tego artykułu.

Od roku 2004 Kandydat prowadzi badania w obszarze badawczym dotyczącym zjawiska kawitacji występującego w polimerach częściowo krystalicznych poddawanych odkształceniu w stanie stałym. Zjawisko to, choć znane od lat 70 XXw., traktowane było jednak dość pobieżnie, tak więc jego wyjaśnienie ma duże znaczenie zarówno poznawcze, jak i aplikacyjne. Podjęcie tego tematu przez Habilitanta uważam zatem za trafne i w pełni uzasadnione.

Ocena dorobku naukowego

Osiągnięcie naukowe pt. „Zbadanie zjawiska kawitacji występującego w polimerach częściowo krystalicznych poddawanych odkształceniu w stanie stałym” zostało opisane w cyklu dziewięciu publikacji naukowych, z których w siedmiu publikacjach dr Andrzej Pawlak jest jedynym autorem lub autorem głównym (korespondencyjnym). Artykuły te zostały opublikowane w uznanych czasopismach naukowych w obszarze nauki o polimerach, m.in. *Macromolecules*, *Polymer*, oraz *Colloid and Polymer Science*. Szkoda, że Kandydat nie włączył do cyklu publikacji pracy przeglądowej pt. „Cavitation during deformation of semicrystalline polymers” opublikowanej w 2013r. w prestiżowym czasopiśmie *Progres in Polymer Science*.

Przedmiotem badań Habilitanta było zjawisko kawitacji, polegające na wytworzeniu dziur (kawitacji) podczas odkształcania polimeru w stanie stałym. W celu wyjaśnienia tego zjawiska dr Pawlak przeprowadził systematyczne badania właściwości mechanicznych i cech strukturalnych wybranych polimerów semikrystalicznych – m.in. polietylenu o dużej (HDPE) lub małej gęstości (LDPE), polipropylenu (PP), poliamidu 6 (PA 6) i poli(tlenku metylenu) (POM), poddawanych jednoosiowemu rozciąganiu oraz ściskaniu z więzami bocznymi. Obrazy rozproszeniowe uzyskane metodą małokątowego rozpraszania promieniowania rentgenowskiego (SAXS) potwierdziły powstawanie kawitacji w jednoosiowo rozciąganych HDPE, PP i POM, wobec ich braku w analogicznie odkształcanym PA 6. Kandydat stwierdził, że podczas deformacji rozciągającej zachodzą dwa konkurujące ze sobą procesy – kawitacja i odkształcenie plastyczne kryształów na

skutek poślizgów makrołańcuchów wewnątrz lameli. Wystąpienie zjawiska kawitacji wymaga odpowiedniego poziomu trójwymiarowych naprężeń rozciągających, większego aniżeli poziom naprężeń charakteryzujących wytrzymałość fazy amorficznej. Niewystępowanie zjawiska kawitacji w PA 6 dr Pawlak wytłumaczył na gruncie analizy procesu formowania się i zamykania dziur wskutek działania napięcia powierzchniowego, równoważonego przez lokalne ujemne ciśnienie panujące w układzie. W toku dalszej pracy Kandydat wykazał, że przebieg zjawiska kawitacji w kształtkach wtryskowych HDPE jest różny dla warstwy powierzchniowej i w objętości – zależy od uporządkowania struktur lamelarnych. Analizując to zjawisko metodą szerokokątowego rozpraszania promieniowania rentgenowskiego (WAXS) dr Pawlak zaproponował wyjaśnienie w postaci wystąpienia efektu fragmentacji lameli powyżej granicy plastyczności, po czym następowania transformacji części kryształów polimerowych z fazy ortorombowej w fazę jednoskośną i w etapie końcowym fibrylizacji struktury. Uzyskane wyniki i ich interpretacja mają duże znaczenie dla optymalizacji warunków procesów przetwórstwa częściowo krystalicznych polimerów termoplastycznych w aspekcie kontroli zjawiska kawitacji. Ważnym czynnikiem wpływającym na przebieg kawitacji jest średni ciężar cząsteczkowy polimeru – na przykładzie PP w postaci kształtek wtryskowych Habilitant wykazał, że intensywność kawitacji jest większa w polimerze o niższym ciężarze cząsteczkowym o mniej splątanej fazie amorficznej aniżeli w polimerze o wyższym ciężarze cząsteczkowym. Także czynniki eksperymentalne, w tym szybkość odkształcania lub temperatura, mogą istotnie wpływać na przebieg procesu kawitacji. Korzystając ze źródła promieniowania synchrotronowego dr Pawlak stwierdził obecność nanokawitacji rozpraszających światło w niższych temperaturach odkształcania PP (25 i 40°C). Warto nadmienić, że proces kawitacji powoduje bardzo istotne zwiększenie objętości podczas deformacji tego polimeru w temperaturze pokojowej. Stosując metodę skaningowej mikroskopii elektronowej Kandydat wykazał, że struktura sferolityczna ulega wówczas ewolucji poprzez powstawanie pęknięć i stopniową przemianę w strukturę fibrylarną zawierającą dziury o rozmiarach mikronowych. Ogólnie, Habilitant w swych pracach ukazał zasadniczą rolę czynników morfologicznych i warunków prowadzenia procesu deformacji na przebieg procesu kawitacji, a także stwierdził, że obecność kawitacji wpływa na deformację plastyczną fazy krystalicznej, powodując obniżenie bariery inicjacji tego procesu.

Na dorobek naukowy Habilitanta składa się 35 publikacji naukowych z tzw. listy filadelfijskiej, 10 innych publikacji, dwa zgłoszenia patentowe oraz 63 wystąpienia konferencyjne. Sumaryczny impact factor wg listy Journal Citation Reports (JCR) wynosi 69.5, liczba cytowań niezależnych 635, a indeks Hirscha 15. Te dane naukometryczne wyraźnie wskazują, że wyniki prac badawczych i osiągnięcia naukowe Kandydata spotkały się z znacznym zainteresowaniem środowiska naukowego.

Dr Andrzej Pawlak był także wykonawcą 15 projektów badawczych finansowanych przez Komisję Europejską (KE), b. KBN, b. MNiI, MNiSzW, POIG i NCN oraz kierował sześcioma grantami KE przeznaczonymi na sfinansowanie kosztów badań z wykorzystaniem synchrotronu DESY w Hamburgu. W 2012r. otrzymał Brązowy Krzyż Zasługi za osiągnięcia naukowe, a w 2014r. nagrodę Dyrektora CBMiM PAN w Łodzi za najczęściej cytowaną publikację naukową z lat 2010-13.

Osiągnięcia naukowe dr Andrzeja Pawlaka w pełni uzasadniają wniosek o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego. Jest jednak kwestią dyskusyjną, czy osiągnięcia naukowe Kandydata lokują się w dziedzinie nauk technicznych, dyscyplinie inżynieria materiałowa, czy też odpowiadają zakresowi fizyki, ew. chemii fizycznej polimerów. Inżynieria materiałowa zajmuje się bowiem sposobami projektowania, wytwarzania i określania cech użytkowych materiałów (inżynierskich), natomiast zbadanie przez Kandydata zjawiska kawitacji w określonych warunkach stanowi raczej wiedzę o charakterze podstawowym, choć o istotnym znaczeniu praktycznym w inżynierii materiałów polimerowych.

Ocena dorobku dydaktycznego

Dr Andrzej Pawlak prowadzi cykliczne wykłady nt. mieszanin polimerowych w ramach studium doktoranckiego CBMiM PAN w Łodzi, a także sprawował w latach 1986-2012 opiekę naukową nad studentami Politechniki Łódzkiej i Uniwersytetu Łódzkiego (łącznie ok. 20 osób), odbywającymi praktyki studenckie. Z uwagi na zatrudnienie w instytucie PAN Kandydat nie prowadził regularnej działalności dydaktycznej na studiach I i/lub II stopnia, jednak realizował prace mające na celu popularyzację nauki poprzez prezentacje dla młodzieży szkolnej w ramach regularnie

organizowanego łódzkiego Festiwalu Nauki. Ocena osiągnięć dydaktycznych i w zakresie popularyzacji nauki Kandydata jest pozytywna.

Ocena dorobku organizacyjnego

Na pozytywną ocenę dorobku organizacyjnego Habilitanta składa się udział w pracach komitetów organizacyjnych trzech konferencji międzynarodowych, współredagowanie czasopisma *e-polymers*, znajdującego się na tzw. liście filadelfijskiej, zrecenzowanie łącznie ok. 20 publikacji w czasopismach krajowych (*Polimery*) i międzynarodowych (m.in. *Polymer*, *European Polymer Journal*, *Journal of Applied Polymer Science*), jak również dokonanie oceny sześciu wniosków o projekty badawcze złożonych do zagranicznych instytucji finansujących naukę (Czechy, Rumunia). Dr Pawlak uczestniczył także w latach 2008-2012 w przygotowaniu dwóch opracowań na zamówienie instytutów branżowych - IIMPiB w Toruniu oraz CIOP w Warszawie.

W opinii recenzenta monotematyczny cykl publikacji autorstwa dr Andrzeja Pawlaka zawiera szereg oryginalnych rozwiązań problemów w zakresie zjawiska kawitacji występującego w polimerach częściowo krystalicznych poddawanych odkształceniu w stanie stałym. Habilitant przedstawił logicznie usystematyzowany opis zagadnień związanych z wyjaśnieniem zjawiska kawitacji głównie w PE i PP, ukazując zasadniczą rolę czynników morfologicznych i warunków prowadzenia procesu deformacji na przebieg procesu kawitacji, wpływającego istotnie na deformację plastyczną fazy krystalicznej polimerów semikrystalicznych. Dr Pawlak wniósł tym samym znaczący wkład w rozwój inżynierii materiałów polimerowych. Otrzymane wyniki zostały przedstawione w szeregu publikacji w uznanych czasopismach naukowych i mogą zostać wykorzystane przy projektowaniu i wytwarzaniu nowych inżynierskich materiałów polimerowych.

Recenzowany jednotematyczny cykl publikacji oraz dorobek naukowy dr inż. Andrzeja Pawlaka w pełni spełniają wymagania ustawowe – w związku z tym wnoszę o dopuszczenie Kandydata do dalszych etapów postępowania w przewodzie habilitacyjnym.

um