

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

WYDZIAŁ CHEMICZNY

ul. Noakowskiego 3
00-664 Warszawa

tel.: (0-22) 628 6359; (0-22) 234 7303

fax: (0-22) 234 7279; (0-22) 628 2741

E-mail: EVALA@CH.PW.EDU.PL

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Florjańczyk

Warszawa, 10.07.2014

Ocena dorobku i osiągnięć naukowych doktora inżyniera Andrzeja Pawlaka przygotowana w celu przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego

Ogólna charakterystyka działalności zawodowej i dorobku naukowego

Dr inż. Andrzej Pawlak ukończył studia wyższe na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej w roku 1981. Po odbyciu rocznej służby wojskowej, podjął pracę w Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN w Łodzi i w placówce tej pracuje do dziś. Jest on członkiem zespołu jednego ze światowych liderów współczesnej nauki o polimerach - pana profesora Andrzeja Gałęskiego. Współpracował także z innymi znanymi specjalistami z tej dziedziny zarówno w macierzystej jednostce (prof. Ewa Piórkowska, prof. Julian Chojnowski) jak i w placówkach zagranicznych gdzie odbywał długoterminowy staż podoktorski (1996/1997 grupa profesora Erica Bayera w Case Western University, Cleveland USA) lub prowadził badania w ramach wspólnych projektów badawczych (kilka ośrodków europejskich) z obszaru fizykochemii i inżynierii materiałów polimerowych. Były to na ogół badania o charakterze podstawowym zmierzające do precyzyjnej analizy struktury fazowej polimerów organicznych, blend i kompozytów polimerowych oraz wyjaśnienia relacji pomiędzy strukturą wewnętrzną tych materiałów a ich właściwościami mechanicznymi. Zakres badań prowadzonych przez doktora Pawlaka był bardzo szeroki. Obejmował takie zagadnienia jak kinetyka krystalizacji poliolefin, mechanizm tworzenia sferolitów, analiza naprężeń w polimerach amorficznych, modyfikacja właściwości mechanicznych poliestrów [polilaktydu, poli(tereftalanu etylenu) i jego odpadów poużytkowych] poprzez tworzenie blend z innymi polimerami, dobór napelnaczy do pewnych gatunków tworzyw, w tym także nanonocząstek o geometrii liniowej, warstwowej i sferycznej o bardzo różnorodnych składach chemicznych.

Badania te przyniosły obfity i bardzo wartościowy dorobek publikacyjny. Doktor Pawlak jest autorem lub współautorem 35 artykułów w czasopismach notowanych na liście filadelfijskiej, 10 prac w innych periodykach lub materiałach konferencyjnych oraz 63 wystąpień na krajowych i międzynarodowych konferencjach, w tym jednego referatu plenarnego i jednego sekcyjnego, które przygotował na zaproszenie organizatorów i osobiście wygłosił. Wygłosił także 5 wykładów w ośrodkach akademickich w Danii, Niemczech, Rosji i Czechach. Większość prac doktora Pawlaka ukazała się w bardzo dobrej klasy specjalistycznych czasopismach z obszaru fizykochemii polimerów, w tym kilku periodyków zaliczanych do tak zwanej najwyższej półki takich jak *Macromolecules*, *Polymer*, *Journal of Polymer Science: Polymer Physics* czy *European Polymer Journal*. Podany przez kandydata sumaryczny impact factor dla jego publikacji obliczony zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 69,5. Ostatnio wzrósł on jeszcze znacznie gdyż już po złożeniu dokumentów, w maju 2014 ukazała się praca przeglądowa habilitanta (wspólnie z A. Gałęskim i A. Różańskim) w prestiżowym czasopiśmie *Progress in Polymer Science*, którego aktualny IF przekracza 26. Liczba niezależnych cytowań jego publikacji wynosiła 635, a indeks Hirsha 15. Te parametry bibliometryczne plasują kandydata w ścisłej czołówce osób, które ubiegały się w ostatnich latach o stopień naukowy doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria materiałowa, a także dyscyplinach pokrewnych takich jak chemia czy fizyka materiałów. Doktor Pawlak ma także pewne osiągnięcia w badaniach o charakterze aplikacyjnym. Jest on współautorem jednego wdrożenia przemysłowego, 2 zgłoszeń patentowych i autorem 2 ekspertyz wykonanych na zamówienie krajowych instytutów badawczych. Nie są to osiągnięcia imponujące, ale pokazują, że prowadzone przez niego badania dają się praktycznie wykorzystać. Po przeczytaniu autoreferatu i szeregu oryginalnych publikacji doktora Pawlaka, jestem w pełni przekonany, że jest on wysokiej klasy specjalistą w badaniach struktur i właściwości mechanicznych tworzyw polimerowych. Nie dziwi mnie, że był on zapraszany i do realizacji wielu projektów i do wygłaszania wykładów. Wielokrotnie recenzował manuskrypty nadsyłane do redakcji specjalistycznych czasopism krajowych i międzynarodowych, a w latach 2011-2013 pełnił funkcje redaktora działu w czasopiśmie *e-Polymers* wydawanym pod auspicjami *European Polymer Federation*. Swoją wiedzę dzielił się także z młodymi adeptami chemii i inżynierii materiałowej prowadząc wykłady na studium doktoranckim, opiekując się studentami odbywającymi praktyki wakacyjne i prowadząc pokazy dla młodzieży

szkolnej w ramach Festiwalu Nauki. Brał też udział w organizacji 3 międzynarodowych konferencji naukowych.

Słabą stroną w działalności zawodowej doktora Pawlaka jest to, że dotychczas nie kierował on żadnym projektem poświęconym kompleksowemu rozwiązaniu jakiegoś szerszego problemu badawczego, a jedynie niewielkimi grantami uzyskiwanymi na przeprowadzenie pomiarów rentgenowskich przy użyciu synchrotronu. Można, więc sadzić, że czuje się on lepiej, jako osoba wspierająca swą wiedzą, doświadczeniem i warsztatem inicjatywy innych badaczy, niż jako lider zespołu. Prawdopodobnie z tego powodu jego kariera zawodowa rozwijała się początkowo dość wolno. Pierwsza publikacja (poświęcona analizie mechanizmu tworzenia sferolitów podczas swobodnej krystalizacji polimerów ze stopu) pojawiła się dopiero po 8 latach pracy, a uzyskanie stopnia naukowego doktora zajęło mgr inż. Pawlakowi 13 lat. Trzeba jednak pamiętać, że w okresie, gdy rozpoczął on swoją działalność badawczą dostęp do nowoczesnej aparatury pozwalającej śledzić struktury materiałów polimerowych był w Polsce jeszcze bardzo trudny i wiele czasu zajmowało samodzielne budowanie stanowisk badawczych i opracowywanie metod pomiarowych. Na przykład dla potrzeb swojej pracy doktorskiej pt. "Zmiany przestrzennego rozkładu naprężeń mechanicznych wywołane obecnością wtrąceń w polimerach przezroczystych" obronionej z wyróżnieniem na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej mgr inż. Pawlak opracował unikalną wówczas metodę elastooptyczną, która umożliwiała wyznaczanie map naprężeń trójwymiarowych w czasie rozciągania próbek. Metodykę tę później jeszcze udoskonalał i wykorzystywał do analizy właściwości mechanicznych różnych klas polimerów. Prace nad swoją habilitacją rozpoczął mniej więcej przed 10 laty, ale przez cały czas był też zaangażowany w realizację kilku innych projektów. Niektóre z nich są dość blisko związane z tematyką habilitacji, lecz nie zostały przez kandydata włączone do cyklu prac stanowiących jego indywidualne osiągnięcie naukowe (te omówię osobno w dalszej części), prawdopodobnie ze względu na zbyt dużą ilość autorów. Po zakończeniu prac nad swoją habilitacją, doktor Pawlak złożył w Narodowym Centrum Nauki własny projekt badawczy. Jest, więc nadzieja, że po uzyskaniu statusu samodzielnego pracownika nauki będzie miał środki, aby stworzyć zręby swojego zespołu. Trudno jednak przewidzieć czy starczy mu czasu na wypromowanie odpowiedniej liczby doktorów i na tyle pomnożyć dorobek naukowy, aby móc się ubiegać o tytuł naukowy profesora.

Ocena jednotematycznego zbioru publikacji naukowego stanowiącego podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego

Osiągnięcie naukowe doktora Andrzeja Pawlaka, które ilustruje jego osobisty wkład do rozwoju nauki nosi tytuł „Zbadanie zjawiska kawitacji występującego w polimerach częściowo krystalicznych poddawanych odkształceniu stanie stałym” Zostało ono przedstawione w postaci cyklu 9 publikacji w języku angielskim, które ukazały się drukiem w latach 2005-2013 i krótkiego (liczącego 20 stron) komentarza w języku polskim. W komentarzu w sposób syntetyczny omówiono wpływ zjawiska kawitacji na przebieg deformacji polimerów, przedstawiono podstawowe cele pracy i niektóre zagadnienia opisane w pracach oryginalnych, a w końcowej części sformułowano osiągnięcia, które zdaniem autora są najbardziej istotne. W 3 przedstawionych artykułach doktor Pawlak jest jedynym autorem (H2 -Polymer **2007**, H7- J. Appl.Polym.Sci. **2012**, H8-Coll. Polym.Sci. **2013**). W pięciu pracach (H1-Macromolecules **2005**, H3-Macromolecules **2008**, H4- J.Polym.Sci.,B, Pol. Phys. **2010**, H5, Polymer,**2010**. H6-Polimery **2012**, współautorem jest prof. Andrzej Gałęski, a w jednej (H9 –Mechanics of Materials **2013**) współautorami są profesor Gałęski i doktor Artur Róžański. Zamieszczone w dokumentacji oświadczenia współautorów wyraźnie wskazują, że dr inż. Pawlak ma pełne prawo do wykorzystania wyników opisanych w wybranych publikacjach, jako kanwę swojej habilitacji. Nie ma wątpliwości, że we wszystkich tych wspólnych pracach był osobą odpowiedzialną za wypracowanie koncepcji pracy, zaplanowanie, przeprowadzenie i analizę wyników eksperymentów oraz współredaktorem ostatecznej wersji manuskryptu.

Autor rozpoczyna opis badań własnych od analizy krzywych ilustrujących zależność pomiędzy naprężeniem rzeczywistym, a stopniem odkształcenia dla kilku polimerów częściowo krystalicznych, których faza amorficzna jest elastyczna w warunkach pomiaru. Pomiaru te wykonano w warunkach jednoosiowego rozciągania i podczas ściskania w kanale umożliwiającym tylko jednokierunkową deformację próbek. Jak wykazano w pracy oznaczonej H1 (Macromolecules **2005**) oba testy dają podobne charakterystyki w zakresie do granicy plastyczności, natomiast przy wyższych odkształceniach i naprężeniu występują istotne różnice gdyż ściskanie nie prowadzi do likwidacji zapętleń natomiast rozciąganie je stopniowo likwiduje i prowadzi do występowania lokalnych naprężeń, które mogą wywołać kawitację, czyli

tworzenie dziur w fazie amorficznej. W toku dalszych precyzyjnie zaplanowanych eksperymentów z udziałem wielu technik eksperymentalnych wykazano, że proces kawitacji konkuruje z odkształceniem plastycznym fazy krystalicznej i granica wytrzymałości fazy amorficznej i krystalicznej ma kluczowe znaczenie dla sposobu deformacji badanych materiałów. Poczyniono też cały szereg innych ciekawych obserwacji dotyczących stabilności powstających dziur i możliwości ich „samoistnego leczenia” wskutek działania napięcia powierzchniowego. W moim przekonaniu ta praca stanowiła istotny przełom w dotychczasowych badaniach nad zjawiskiem kawitacji gdyż autorzy w sposób jednoznaczny wyjaśnili jego mechanizm i pokazali w jaki sposób wpływa ono na właściwości mechaniczne tworzyw termoplastycznych. Bardzo cennym elementem była też kompleksowa analiza przemian jakie zachodzą w fazie amorficznej i krystalicznej w czasie deformacji materiału pod wpływem ściskania i rozciągania. Praca ta dała impuls do kolejnych badań, w których proces kawitacji i plastycznej deformacji kryształów analizowano w sposób bardziej szczegółowy na przykładzie polietylenu o wysokiej gęstości i polipropylenu o budowie izotaktycznej. Wyniki tych badań przedstawiono w 7 publikacjach oznaczonych w autoreferacie jako H2, H3, H4, H5, H7, H8 i H9.

Zbadano wpływ bardzo wielu czynników, które mogą wpływać na to czy proces kawitacji odgrywa istotną rolę w czasie deformacji polimerów czy nie. Zgodnie z oczekiwaniami okazało się, że kluczową rolę odgrywa masa molekularna i morfologia badanego materiału, a zwłaszcza udział fazy amorficznej i krystalicznej oraz struktura domen krystalicznych wynikająca z warunków krystalizacji, a wypadku polipropylenu także od doboru czynnika nukleującego indukującego powstanie odmiany krystalicznej α lub β . Bardzo istotny okazał się także sposób prowadzenia testu na rozciągania gdyż czas relaksacji łańcuchów i zdolność do „zasklepienia” dziur kawitacyjnych w znacznym stopniu zależą od temperatury i szybkości rozciągania. Dzięki zastosowaniu zaawansowanych technik rentgenograficznych i mikroskopowych bardzo precyzyjnie zbadano sposób, w jaki powiększają się dziury kawitacyjne (wielkość i kształt) i jak zmienia się struktura domen krystalicznych (przejścia od struktury sferolitycznej do fibrylarniej) w różnych fragmentach próbek w czasie deformacji. Ponadto dzięki użyciu kamery termowizyjnej oszacowano efekty temperaturowe towarzyszą tym przemianom. W tej krótkiej recenzji nie sposób omówić wszystkich szczegółowych wniosków, które zostały przedstawione w omawianym cyklu publikacji, ale w moim przekonaniu wszystkie one są logiczne i

dobrze udokumentowane, Jako specjalista z dziedziny syntezy polimerów odczuwam jedynie lekki niedosyt wynikający z braku choćby próby powiązania obserwowanych przemian z strukturą chemiczną badanych materiałów. Pewne relacje wydają się tu bardzo oczywiste. Na przykład zdolność do samo zasklepienia dziur w fazie amorficznej poliamidu 6 wynika zapewne z łatwego tworzenia sieci wiązań wodorowych, które nie występują w poliolefinach i polioksymetylenie. Zdaję sobie jednak sprawę z tego, że z punktu widzenia fizyki polimerów i inżynierii materiałowej taka analiza nie jest konieczna. Nie mam wątpliwości, że doktor Andrzej Pawlak jest autorem bardzo istotnego osiągnięcia naukowego w tym obszarze nauki i techniki. Stanowi ono cenny wkład do rozwoju teoretycznego opisu przemian polimerów termoplastycznych pod wpływem sił rozciągających, a uzyskane rezultaty mogą mieć też duże znaczenie dla projektowania metod przetwarzania popularnych tworzyw sztucznych. Stworzony w pracach doktora Pawlaka makroskopowy opis procesu deformacji polimerów częściowo krystalicznych został powszechnie zaakceptowany i wielu autorów badających te procesy często cytuje artykuły wchodzące w skład omawianego zbioru (w sumie były one cytowane już 250 razy, w tym 23 razy w ostatnim półroczu). Jedna z prac oznaczona jako H6 opublikowana w czasopiśmie *Polimery* oprócz pewnej porcji nowych rezultatów (dotyczących wpływu szybkości deformacji na tendencję do kawitacji) zawiera także bardzo interesujące wprowadzenie na temat mechanizmów przemian fazy krystalicznej i amorficznej w czasie jednoosiowej deformacji polimerów częściowo krystalicznych. Pozwala ona właściwie ocenić osiągnięcia habilitanta na tle dokonań innych badaczy, a także lepiej zrozumieć ideę pewnych eksperymentów przedstawionych w innych jego pracach. Znacznie rozszerzona wersja tego opracowania, uwzględniająca aktualny stan wiedzy na temat zjawiska kawitacji ukazała się ostatnio w czasopiśmie *Progress in Polymer Science* i sądzę, że ta publikacja sprawi, że pozycja doktora Pawlaka w międzynarodowym środowisku naukowym bardzo się umocni.

Wniosek końcowy

Analiza przedstawionej dokumentacji jednoznacznie wskazuje, że dorobek naukowy doktora inżyniera Andrzeja Pawlaka spełnia wymogi ustawy o stopniach i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 roku, wraz ze zmianami części merytorycznej ustawy wprowadzone później ustawą z dnia 1 marca 2011 roku, która obowiązuje od 1 października 2011 roku. Poziom merytoryczny cykl artykułów stanowiących

podstawę do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego jest moim zdaniem bardzo wysoki. Wysoko oceniam także autoreferat i pozostały dorobek naukowy kandydata.

W tym stanie rzeczy rekomenduję Komisji ds. awansu doktora inżyniera Andrzeja Pawlaka pozytywne rozpatrzenie wniosku o nadanie mu stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa, a Radzie Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie podjęcie uchwały o nadaniu mu tego stopnia.

Zbigniew Hajduk