Dr hab. inż. Paweł Łukasz Sajkiewicz, prof. IPPT PAN
ul. Piękna 2
05-805 Otrębusy

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN
ul. Pawińskiego 5 B
02-106 Warszawa

RECENZJA

rozprawy habilitacyjnej „Zbadanie zjawiska kawitacji występującego w polimerach częściowo krystalicznych poddawanych odkształceniu w stanie stałym" oraz dorobku naukowego dr inż. Andrzeja Pawlaka z Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN w Łodzi

Informacje ogólne

Pan dr inż. Andrzej Pawlak ukończył studia w roku 1981 na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej w Łodzi, uzyskując tytuł magistra inżyniera fizyki ciała stałego. W roku 1995 obronił rozprawę doktorską „Zmiany przestrzennego rozkładu naprężeń mechanicznych wywołane obecnością wtrąceń w polimerach przeźroczystych" (promotor: prof. dr hab. Andrzej Gałęski, praca wyróżniona). Od roku 1982 do chwili obecnej jest zatrudniony w Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN.

Ocena rozprawy

Recenzowaną rozprawę habilitacyjną stanowi dziewięć publikacji. Są one spójne tematycznie i dotyczą zagadnień związanych z opisem zjawiska kawitacji, rozumianego jako wytworzenie dużej liczby kawitacji (dziur) wewnątrz polimeru, podczas jego odkształcania w stanie stałym. Prace oznaczone jako H1-H5 oraz H7-H9 ukazały się w czasopismach o światowym zasięgu i

wysokiej wartości IF (od 1.300 do 4.407); jedynie praca H6 ukazała się w mniej renomowanym czasopiśmie z parametrem IF=0.470. Wszystkie prace noszą znamiona prac o charakterze doświadczalnym. Trzy artykuły (H2, H7, H8) są pracami monoautorskimi, podczas gdy pozostałe stanowią prace ze współuczestnictwem, przede wszystkim profesora Andrzeja Gałęskiego. Według oszacowania habilitanta, Jego udział we wspólnych pracach wynosił od 50 do 70%. W pierwszej publikacji (H1), habilitant analizuje możliwe mechanizmy odpowiedzialne za powstawanie kawitacji w polimerach częściowo krystalicznych poddawanych odkształcaniu. Należy podkreślić, iż badania w pracy H1 zostały wykonane na bardzo różnych polimerach, co jest o tyle istotne, że stwarza możliwości wychwycenia różnych zależności pojawiających się w procesie kawitacyjnym. Materiałami wybranymi do badań były poli(tlenek metylenu) (POM), polipropylen (PP), poliamid 6 (PA6), polietylen dużej gęstości (HDPE), trzy polietyleny małej gęstości (LDPE) i kopolimer etylenowo-oktenowy (EOC). Autor dochodzi do wniosku, iż do zajścia kawitacji niezbędne jest występowanie lokalnych naprężeń rozciągających, dlatego zjawisko obserwowane jest podczas jednoosiowego rozciągania. Istotna jest relacja między wytrzymałością na rozerwanie fazy amorficznej, w której zachodzi zjawisko kawitacji a wytrzymałością fazy krystalicznej na deformację plastyczną. W przypadku, gdy naprężenie inicjujące deformację plastyczną kryształów jest niewielkie, proces odkształcania przebiega bez kawitacji. Obserwacja z pracy H1 wskazująca, iż struktura wewnętrzna polimeru wpływa na relacje pomiędzy naprężeniem kawitacyjnym a naprężeniem inicjacji deformacji plastycznej kryształów stała się impulsem do podjęcia dalszych badań na wybranych już polimerach (polipropylen oraz polietylen dużej gęstości), gdzie autor stara się systematycznie pokazać jak czynniki morfologiczne takie jak stopień krystaliczności, grubość i zdefektowanie kryształów, postać krystalograficzna, masa cząsteczkowa, orientacja kryształów, obecność struktury sferolitycznej oraz warunki, w których zachodzi deformacja (temperatura, szybkość odkształcania) wpływają na przebieg zjawiska kawitacji (H2-H8). Wyniki publikacji H2, w której habilitant w sposób kontrolowany zmienia strukturę wewnętrzną polimeru poprzez warunki formowania materiału, a konkretnie sposób chłodzenia, pokazały wyraźnie, że na przebieg zjawiska kawitacji ma wpływ struktura polimeru, wytworzona w procesie zestalenia ze stopu, tj. grubość i stopień zdefektowania kryształów oraz ich organizacja w objętości polimeru. Habilitant pokazał też tu, że skala zjawiska może być duża i prowadzić do podwojenia objętości zdeformowanego fragmentu polimeru.

Ogólnym wnioskiem wypływającym z prowadzonych prac (H2-H8) jest to, że czynniki morfologiczne (stopień krystaliczności, grubość i zdefektowanie kryształów, postać krystalograficzna, masa cząsteczkowa, orientacja kryształów, obecność struktury sferolitycznej) oraz warunki, w których zachodzi deformacja (temperatura, szybkość odkształcania) wyraźnie wpływają na przebieg zjawiska kawitacji. W zależności od tych czynników, w tym samym polimerze odkształcenie może przebiegać z powstaniem kawitacji lub bez nich. Istotnym elementem prowadzonych prac doświadczalnych pozostaje również staranne przeanalizowanie metodą rozpraszania promieni rentgenowskich w zakresie niskokątowym. morfologii kawitacji w trakcie procesu ich powstawania. W pracy H9, wykorzystując kamerę termowizyjną, habilitant podejmuje badania mające na celu porównanie efektów cieplnych podczas odkształcania polimerów kwitujących i niekawitujących. Dochodzi przy tym do wniosku, iż zjawisko kawitacji nie jest bezpośrednią przyczyną zwiększonego wydzielania ciepła i wzrostu temperatury, natomiast podnosi temperaturę w sposób pośredni – poprzez intensyfikację deformacji plastycznej kryształów. Nagła zmiana lokalnego stanu naprężenia wskutek powstania kawitacji wpływa na obniżenie bariery inicjacji deformacji plastycznej w stosunku do wartości mierzonych podczas ściskania tego samego materiału.

Podstawowym osiągnięciem przedstawionej rozprawy jest doświadczalne zbadanie mechanizmów i uwarunkowań, zarówno materiałowych jak i procesowych (zewnętrznych) wpływających na tworzenie się kawitacji w materiałach polimerowych. Jest to analiza bardzo systematyczna i konsekwentna, co wyróżnia ja pozytywnie na tle raczej fragmentarycznych badań prezentowanych w literaturze światowej. Zastosowane metody badawcze oraz sposób prowadzenia analizy wyników nie budzą najmniejszych zastrzeżeń recenzenta, wskazując na bardzo dobre opanowanie warsztatu badawczego i duże doświadczenie habilitanta.

Charakterystyka i ocena dorobku naukowo-badawczego

Dorobek publikacyjny habilitanta wykorzystujący wyniki osiągnięty w pracy naukowej po uzyskaniu stopnia doktora, poza artykułami stanowiącymi rozprawę, to 21 publikacji w czasopismach o zasięgu międzynarodowym (baza JCR) oraz 10 publikacji w czasopismach spoza bazy JCR. Wszystkie publikacje z bazy JCR są wielo-autorskie. Bardziej szczegółowa analiza tych prac wskazuje na wszechstronne zainteresowania habilitanta, obejmujące zarówno aspekty

stricte poznawcze jak i o znaczeniu utylitarnym. Do najważniejszych wątków tematycznych, którymi zajmował się habilitant bezpośrednio po uzyskaniu stopnia doktora, należą: badania krystalizacji polimerów (w tym krystalizacji w gradiencie temperatury), właściwości i możliwości powtórnego wykorzystania poużytkowych polimerów (recyklingu) oraz badania elastooptyczne polimerów. Te ostatnie odnosiły się do badania naprężeń w kompozytach polimerów, ze szczególnym uwzględnieniem naprężeń termicznych (resztkowych) powstających wokół wtrąceń w procesie sieciowania matrycy polimerowej. Od roku 2002, habilitant ukierunkował swoje badania na tematykę związaną z nanokompozytami polimerów (PP, LDPE) zawierającymi napełniacze ziarniste oraz glinki typu montmorylonit. Od roku 2004, równolegle do tematyki deformacji plastycznej polimerów częściowo krystalicznych, będącej przedmiotem rozprawy habilitacyjnej, dr Pawlak zajmował się innymi zagadnieniami, takimi jak możliwości kompatybilizacji mieszanek, uzyskiwania wysokiej orientacji oraz rolą montmorylonitu w zjawisku krystalizacji w warunkach charakterystycznych dla procesów przetwórstwa polimerów. W ostatnim czasie, dr Pawlak zajmował się badaniami amorficznych siloksanów i poli(1,2 butadienu), zawierających klatkowe struktury POSS jako grupy boczne, oraz liniowe oligosiloksany z końcowymi grupami POSS. Obecnie włączył się również w tematykę dotyczącą polimerów pochodzących ze źródeł odnawialnych i/bądź biodegradowalnych, uczestnicząc w badaniach właściwości polilaktydu modyfikowanego kopoliestrami alifatyczno-aromatycznymi. Celem modyfikacji jest m.in. poprawa właściwości mechanicznych polilaktydu, przy zachowaniu zdolności do degradacji nowo powstałego materiału. Ostatnim wreszcie tematem jest otrzymywanie kompozytów polimer-polimer na drodze wytworzenia włókien z polimeru pozostającego w stanie stałym w procesie mieszania z innym stopionym polimerem. Reasumując należy mocno podkreślić rozległość tematyczną prac prowadzonych przez dr inż. Andrzeja Pawlaka oraz aktywność we włączaniu się w nową, aktualnie ważną tematykę badawczą.

Kandydat jest współautorem dwóch zgłoszeń patentowych pt. ”Modyfikowana kompozycja zawierająca polimer laktydu oraz sposób jej wytwarzania”, 2011, nr P-396772 oraz „Biodegradowalna kompozycja kopoliestrowa i sposoby wytwarzania biodegradowalnej kompozycji kopoliestrowej” 2013, nr P-406548, z udziałem własnym ocenianym przez habilitanta na 5 i 10%.

Dr inż. Andrzej Pawlak był kierownikiem sześciu projektów finansowanych przez Unię Europejską, przeznaczonych na finansowanie pomiarów synchrotronowych w ośrodku DESY w

Hamburgu (Niemcy) oraz wykonawcą lub głównym wykonawcą 15 krajowych i europejskich projektów. Dr inż. Andrzej Pawlak uczestniczył w 63 konferencjach krajowych i zagranicznych, przedstawiając tam wyniki swoich prac. Uczestniczył także w organizacji trzech międzynarodowych konferencji.

Ilościowy dorobek publikacyjny habilitanta mierzony ogólnie przyjętymi wskaźnikami bibliometrycznymi oceniam bardzo wysoko. Sumaryczny Impact Factor wynosi **69.5, l**iczba cytowań - bez autocytowań - 635, zaś index Hirscha - 15.

Z kolei, z uwagi na miejsce zatrudnienia (Instytut PAN), dr inż. Andrzej Pawlak ma raczej skromne doświadczenie stricte dydaktyczne w rozumieniu akademickim. Uwzględniając jednak również popularyzatorski aspekt tej aktywności, sytuacja przedstawia się korzystniej. Bilansując działania dydaktyczno-popularyzatorskie dr inż. Andrzeja Pawlaka należy przede wszystkim wymienić uczestniczenie w letnich praktykach studentów Politechniki Łódzkiej oraz Uniwersytetu Łódzkiego (2 – 4 tygodniowe praktyki, w wymiarze ok. 20 osób w okresie 1986 – 2012) oraz prowadzenie co drugi rok, począwszy od roku 2002, wykładów w ramach studium doktoranckiego w CBMM PAN. Habilitant wygłosił również 5 wykładów w zagranicznych jednostkach naukowych. Był dotychczas recenzentem 23 prac nadesłanych do czasopism o zasięgu międzynarodowym oraz 6 projektów badawczych. Wykonał dwie ekspertyzy na zlecenie krajowych instytucji badawczych. W latach 2011 – 2013 był członkiem komitetu redakcyjnego czasopisma E-Polymers. Z kolei w latach 1999 – 2000 był członkiem Towarzystwa SPIE- The International Society for Optical Engineering - Polish Chapter. Odbył także szereg zagranicznych staży i wyjazdów naukowych – tygodniowy kurs w International School of Advanced Studies in Polymer Sciences, Ferrara, Italy, 1991; roczny pobyt (02.1996-01.1997) w charakterze post-doca w Case Western Reserve University, Cleveland, USA; dwa wyjazdy dwu- i trzytygodniowe w 1999 i 2000 do Polytechnique INSA, Lyon oraz jednomiesięczny w 2003 do Uniwersytetu CEMEF - MINES ParisTech, Sophia Antipolis; dwa wyjazdy tygodniowy i dwutygodniowy (1986, 2004) do Topchev Institute of Petrochemical Synthesis, Russian Academy of Sciences, Moscow; dwutygodniowy wyjazd (2005 r.) do Institute of Macromolecular Science, Czech Academy of Sciences, Prague; jednotygodniowe wyjazdy w 2001 roku do University of Aalborg, Aalborg oraz Technische Universitat Kaiserslautern; wyjazdy badawcze (dwa razy w roku) w latach 2007-2014 do Hamburga, Deutsche Elektronen-Synchrotron, Hasylab; cztery dwu-trzy

tygodniowe wyjazdy do Włoch, Centre Nationale di Riccerche, Pisa, Italy (1997, 1998, 1999, 2002).

WNIOSEK KOŃCOWY

Prace wchodzące w zakres rozprawy habilitacyjnej dr inż. Andrzeja Pawlaka stanowią istotny wkład w rozwój inżynierii materiałowej. Habilitant, w spójnym tematycznie cyklu prac, podjął się pionierskiego w skali światowej zadania systematycznego zbadania zjawiska kawitacji w polimerach podczas procesu odkształcania w stanie stałym. Kompleksowe ujęcie badanych zjawisk wyróżnia prace dr inż. Andrzeja Pawlaka na tle literatury światowej poświęconej temu zagadnieniu. Uważam, iż osiągnięcia naukowe przedstawione w cyklu jedno tematycznych publikacji - jako podstawa habilitacji oraz dorobek naukowy i dydaktyczno-popularyzatorski odpowiadają wymogom określonym w ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 r. Popieram wniosek o nadanie Panu dr inż. Andrzejowi Pawlakowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa

Warszawa, dnia 25 lipca 2014 roku