

Dr hab. inż. Jadwiga Laska, prof. ndzw. PWSZ i AGH
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Tarnowie
33-100 Tarnów, ul. Mickiewicza 8
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30

OPINIA

**w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego
dr. inż. Łukaszowi Figłowi
prowadzonym przez Radę Naukową Instytutu Podstawowych Problemów Techniki
Polskiej Akademii Nauk w Warszawie**

Podstawą opracowania niniejszej opinii jest pismo Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, prof. IPPT dr. hab. inż. Zbigniewa Ranachowskiego, z dnia 15.06.2016 oraz dołączona do niego dokumentacja przewodu.

Informacje ogólne

Dr inż. Łukasz Figiel ukończył studia w 1999 r. na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej, uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera. W następnym roku podjął pracę naukową w Instytucie Badań Polimerów w Dreźnie (Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden) gdzie pracował do 2004 r. W 2004 r. uzyskał stopień naukowy doktora na Wydziale Mechanicznym Uniwersytetu Technicznego w Dreźnie (Technische Universität Dresden). Pracę doktorską pt. „Sensitivity analysis of interface fatigue crack propagation in elastic composite laminates” wykonał pod opieką prof. Gerta Heinricha oraz dr. hab. Bernda Lauke. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora Pan Łukasz Figiel podjął pracę w Niemieckim Centrum Lotnictwa i Kosmonautyki (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) w Kolonii i pracował tam jako *post-doc* w latach 2005-2006. Następnie również jako *post-doc* w latach 2006-2009 pracował na Wydziale Nauk Inżynierskich w Oxford University (Wielka Brytania). Po tym okresie Habilitant został na okres trzech lat zatrudniony w Limerick University (Irlandia) na stanowisku wykładowcy, a następnie w roku 2012/2013 jako specjalista w Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych

PAN w Łodzi. W latach 2013-2014 dr Łukasz Figiel swoją pracę zawodową znowu związał z Wielką Brytanią (Portsmouth University), a obecnie pracuje jako assistant professor w Warwick University.

Wielość ośrodków naukowych w których pracował Habilitant pozwala sądzić, że nabył on rozległą wiedzę z nauk o materiałach oraz o nowoczesnych metodach badawczych stosowanych w inżynierii materiałów, tym bardziej, że wszystkim okresom zatrudnienia towarzyszą publikacje naukowe w czasopismach z listy JCR, jak i w materiałach konferencyjnych.

Drobna uwaga, jaką można w tym miejscu uczynić, dotyczy nazw ośrodków naukowych, w których zatrudniony był Habilitant. Jako, że większość to ośrodki zagraniczne to w załączniku 2, punkty 1 i 2, gdzie esencjonalnie podana jest historia zatrudnienia, powinny znaleźć się nazwy oryginalne oraz ewentualnie ich polskie tłumaczenia, a nie odwrotnie. Podanie wyłącznie polskiej nazwy i to w wolnym tłumaczeniu utrudnia recenzentowi sprawdzenie czy rzeczywiście taka jednostka istnieje i czy prowadzi określone zadania badawcze. Przykładowo w Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (podana polska nazwa: Niemieckie Centrum Lotnictwa/Kosmiczne) nie ma „Instytutu Badań nad Materiałami” lecz Instytut Fizyki Materiałów w Kosmosie (Institut für Materialphysik im Weltraum).

Ocena zgłoszonego osiągnięcia naukowego

Dr inż. Łukasz Figiel w swoim wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego przedstawił do oceny osiągnięcie naukowe w formie jednotematycznego cyklu dziewięciu publikacji pod wspólnym tytułem „Zbadanie związku przetwarzanie-morfologia-zachowanie mechaniczne dla nanokompozytów polimerowych: modelowanie i eksperymenty”. Wszystkie publikacje ukazały się w czasopismach o zasięgu światowym charakteryzujących się współczynnikiem cytowań IF powyżej 2, dwa artykuły opublikowane są w czasopiśmie o IF 3,569. Kopie wszystkich artykułów dołączono do dokumentacji. Na podstawie oświadczeń współautorów dołączonych do dokumentacji oraz informacji Habilitanta Jego wkład w powstanie tych prac mieści się w zakresie 45 – 100%, przy czym 100% wkładu autorskiego dotyczy jednego artykułu naukowego, w jednym swój udział Habilitant szacuje na 90%, w jednym na 85%, w jednym - 60%, w czterech 50% i w jednym 45%. Współautorzy w swoich oświadczeniach nie podali udziałów procentowych. Należy jednak wyraźnie zaznaczyć, że wszystkie oceniane publikacje są obszerne i zawierają zarówno modelowanie komputerowe jak i wyniki eksperymentalne, a udział Habilitanta w powstaniu każdej z nich został szczegółowo

określony w Załączniku 3 i jest zgodny z opisowym określeniem swojego udziału poszczególnych współautorów. Wszystkie prace cyklu opublikowane są w czasopismach naukowych z bazy *Journal Citation Reports (JCR)* w dziedzinie nauk o materiałach. Są to *Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering, Composites Science and Technology, Computational Materials Science, Polymer Testing* i *Structural Nanocomposites*. Wszystkie wymienione czasopisma mieszczą się w kategorii tematycznej inżynieria materiałowa, w której to dyscyplinie dr Łukasz Figiel ubiega się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Przedstawiony do oceny cykl publikacji dotyczy związku pomiędzy morfologią, warunkami przetwarzania oraz właściwościami mechanicznymi nanokompozytów z osnową polimerową. W celu wykazania tej zależności wykorzystano modelowanie komputerowe właściwości materiałów z wykorzystaniem koncepcji reprezentatywnego elementu objętości, a jednocześnie model komputerowy udoskonalono na podstawie danych eksperymentalnych. Szczególną uwagę skupiono na zbadaniu wpływu stopnia eksfoliacji oraz uporządkowania fazy rozproszonej nanonapełniacza na właściwości mechaniczne na granicy faz osnowa-dodatek. Badania prowadzono w pobliżu temperatury zeszklenia i topnienia osnowy polimerowej, co wnosi istotną wiedzę do dziedziny nanokompozytów, a wnioski płynące z badań mogą być wykorzystane w modelowaniu przemysłowych procesów przetwórczych. Opracowanie przez Habilitanta znacznie dokładniejszych modeli nanokompozytów niż stosowane obecnie, pozwala określić właściwości oraz zachowanie się nanokompozytu w warunkach przetwórstwa czyli w stopie lub w stanie plastycznolepkim w stopniu zbliżonym do wyników otrzymywanych w warunkach laboratoryjnych.

Za najważniejsze osiągnięcia Habilitanta w zaprezentowanym cyklu publikacji należy uznać:

1. połączenie koncepcji reprezentatywnego elementu objętości z mechaniką ośrodków ciągłych w modelowaniu komputerowym właściwości nanokompozytów, co pozwoliło na bezpośrednie wprowadzenie do modelu nanokompozytu parametrów związanych z jego morfologią (rodzaj nanododatku - 2D, 3D oraz jego rozproszenie i ułożenie)
2. wykazanie związku pomiędzy właściwościami mechanicznymi nanokompozytu a zawartością fazy rozproszonej, w tym zachowania nieliniowe,
3. określenie oddziaływań fizykochemicznych na granicy faz nanocząstka – osnowa polimerowa,
4. powiązanie zachowania nanokompozytu w temperaturach przetwórstwa ze zmianami lokalnych właściwości na granicy faz oraz zmianą mobilności interfazy,

5. opracowanie modeli komputerowych pozwalających z dużym prawdopodobieństwem przewidzieć zachowanie kompozytu w warunkach przetwórstwa, ze szczególnym uwzględnieniem warunków stosowanych w recyklingu.

Habilitant prezentuje swoje osiągnięcie naukowe w dwóch aspektach: 1) związek morfologii nanokompozytu z jego właściwościami makroskopowymi w warunkach przetwórstwa oraz 2) związek morfologii nanokompozytu z właściwościami mechanicznymi. Zależność pierwszą opisano w publikacjach H1-H4, natomiast zależność drugą – w publikacjach H5-H9. Potencjał aplikacyjny opracowanych modeli został sprawdzony dla dwóch układów kompozytowych: polimer termoplastyczny – nanoglina oraz polimer utwardzalny – nanorurki węglowe. Jako osnowę termoplastyczną zastosowano poli(tereftalan etylenu) oraz polilaktyd, natomiast żywicę epoksydową jako osnowę utwardzalną. Składniki nanokompozytów zostały dobrane na podstawie wiedzy o obecnie stosowanych zaawansowanych materiałach inżynierskich w lotnictwie, kosmonautyce, biomedycynie.

Zachowania polimerów w stopie lub w stanie plastycznolepkim w dużej mierze wynikają z reorientacji nanododatku w kompozycie oraz krystalizacji osnowy wywołanych odkształceniem powstającym w warunkach przetwórstwa. Zjawiska te obserwowane w laboratoryjnych badaniach nanokompozytów są szeroko opisane w literaturze. Habilitant zbadał możliwość przewidywania tego złożonego wpływu w eksperymencie symulacyjnym. Zaprojektowany model teoretyczny nanokompozytu opierał się na połączeniu procedury REO, w której podstawowym parametrem jest współczynnik objętościowy, oraz procedury Monte Carlo bazującej na zmianach morfologii, a także nieliniowego modelu konstytutywnego opisującego nieliniowe zachowanie w pobliżu temperatury zeszklenia. Model ten przetestowano na układzie poli(tereftalan etylenu) – nanoglina. Istotne, że w modelu komputerowym użyto wartości np. parametrów mechanicznych uzyskanych eksperymentalnie dla tego nanokompozytu, gdyż wyniki eksperymentu komputerowego pozostają w dużej zgodności z wynikami rzeczywistymi. Właściwości samego nanododatku zostały przewidziane metodą dynamiki molekularnej. Na podstawie tego modelu uzyskano informacje jak zachowa się materiał kompozytowy zawierający różne zawartości nanoglinki poddany naprężeniom mechanicznym. W eksperymentach komputerowych przeprowadzonych przez Habilitanta można było zaobserwować, że przy dużych odkształceniach następuje zjawisko reorientacji nanonapełniacza oraz krystalizacji osnowy i wzmocnienie materiału w skali makro. Symulacje komputerowe na dobrze zdefiniowanym modelu pozwoliły na przestudiowanie wpływu obu zjawisk (reorientacja nanododatku oraz krystalizacja) niezależnie, co jest niezwykle ważne dla zrozumienia zjawiska wzmocnienia materiału kompozytowego. Wyniki takie są niemożliwe do

uzyskania w eksperymencie laboratoryjnym, gdyż składniki kompozycji zachowują się inaczej jako fazy odrębne i jako fazy wymieszane. W szczególności krystalizacja osnowy jest stymulowana obecnością nanododatku. W eksperymencie komputerowym możliwe jest manipulowanie parametrami matrycy, w tym, możliwe jest założenie braku krystalizacji. W efekcie stwierdzono, że istotny wpływ na wzmocnienie materiału w zakresie dużych odkształceń ma zjawisko krystalizacji, a nie sama obecność nanonapełniacza i jego właściwości mechaniczne, aczkolwiek obecność nanonapełniacza jest kluczowa dla szybkości krystalizacji osnowy. Za pomocą eksperymentów komputerowych wykazano także, że szybkość ścinania i temperatura przetwórstwa powinny być skorelowane w celu optymalizacji procesu i uzyskania odpowiednich właściwości mechanicznych nanokompozytu. Otrzymane rezultaty zgadzają się z wynikami eksperymentalnymi opublikowanymi przez innych badaczy. Badania te opisano w publikacji H1. Wiadomo, że interfeza charakteryzuje się innymi właściwościami niż osnowa i faza rozproszona, a jej właściwości znacząco wpływają na zachowanie makroskopowe kompozytu. W związku z tym model poli(tereftalan etyleny) napełnionym nanoglinką rozszerzono o interfezę składającą się z łańcuchów polimeru osnowy przemieszanych z modyfikatorem powierzchni płytek nanoglinki. Na podstawie danych literaturowych opisujących badania laboratoryjne podobnych układów Habilitant założył, że naprężenia ścinające powodują przesunięcie płytek nanoglinki względem siebie, ale nie powodują zmiany miejsca w materiale całych klasterów. W tym wypadku modelowanie komputerowe właściwie powiązane z rezultatami laboratoryjnymi daje szersze możliwości opisu różnych układów klasterów złożonych z określonej liczby płytek oraz na różne sposoby ułożonych względem siebie oraz ich wpływu na właściwości osnowy, co opisano w publikacjach H2 i H3. Ze względu na potencjalne wykorzystanie wyników symulacji, badania wpływu interfazy prowadzono w pobliżu temperatury zeszklenia. Interesującym potwierdzeniem analiz komputerowych są wyniki uzyskane przez dr. Łukasza Figla metodami mikroskopowymi, potwierdzające że ścinanie próbki nanokompozytu prowadzi do wydłużenia klasterów poprzez rozsuwanie poszczególnych płytek nanoglinki. Zaobserwowano także, że istnieje zależność pomiędzy zorientowaniem klasterów a prędkością odkształcenia Hencky'ego. Zależność ta jest nieliniowa i wskazuje, że wzrost prędkości odkształcenia prowadzi do wzrostu szybkości reorientacji taktoidów, a zawartość nanoglinki w ilości do kilku procent wagowych praktycznie nie ma większego znaczenia.

Jak już wspomniano istnienie interfazy w nanokompozytach ma widoczny wpływ na ich właściwości makroskopowe, szczególnie podczas przetwarzania ze stopu. Wpływ ten wyraża się zmianami w krzywych płynięcia w porównaniu z nienapełnionym polimerem

osnowy. Ponownie, symulacje komputerowe pozwalają przestudiować zachowanie się kompozytu w obecności interfazy oraz jej braku, co w połączeniu z wynikami eksperymentów laboratoryjnych pozwala lepiej zrozumieć zachodzące procesy oraz jeszcze bardziej przybliżyć symulację komputerową do rzeczywistości, co opisane zostało w publikacji H3. Wyniki uzyskane w eksperymencie komputerowym w dużej mierze Habilitant potwierdził w eksperymentach laboratoryjnych wykonanych dla próbek polilaktydu napełnionego nanoglinką. Poza potwierdzeniem zgodności modelu z zachowaniem nanokompozytu rzeczywistego uzyskane wyniki eksperymentów laboratoryjnych stanowią nową bazę danych potrzebnych do symulacji komputerowych, które dla nanokompozytów z osnową polilaktydową nie są dostępne w literaturze. Badania te potwierdziły także możliwość szerszego stosowania modelu przyjmując parametry charakterystyczne dla grupy polimerów, np. PET, PLA jako poliestry zachowują się w stanie plastycznolepkiem podobnie. Wyniki tych badań opisano w publikacji H4.

Polilaktyd jest najszerszej stosowanym polimerem biodegradowalnym zarówno w przemyśle opakowań jak i w medycynie. Opracowanie właściwego modelu dającego bardzo duże przybliżenie do rzeczywistości jest bardzo oczekiwane przez przemysł. Nanokompozyty PLA wchodzi szeroko na rynek nie tylko ze względu na polepszenie właściwości mechanicznych względem czystego PLA, ale także ze względu na uzyskiwanie dodatkowych cech materiałowych np. zwiększenie biogodności, zmniejszenie przepuszczalności gazów itp. Stąd przewidywanie właściwości różnorodnych kompozytów bez prowadzenia kosztownych badań materiałowych jest nadzwyczaj potrzebne i pozwoli nie tylko na dobór odpowiedniego składu kompozytu, ale także optymalizację procesu przetwórstwa ze stopu. Docenić należy trafność wyboru metod badawczych oraz badanych właściwości (lepkość przy rozciąganiu, krystaliczność, eksfoliacja nanododatku, temperatury przemian fazowych w zależności od składu nanokompozytu, szybkość ścinania itp).

W pracach H5-H9 przedstawiono zależność makroskopowych właściwości mechanicznych takich jak moduł Young'a, granica plastyczności, wzmocnienie, odporność na pękanie, możliwość absorpcji energii mechanicznej od składu nanokompozytu oraz jego morfologii. Opracowane zostały zarówno liniowe oraz nieliniowe modele komputerowe dla tych układów, a uzyskane wyniki porównano z wynikami eksperymentów laboratoryjnych na podstawie danych literaturowych. Badaniom poddano dwa układy nanokompozytów zawierające nanoglinkę oraz nanorurki węglowe. Ponieważ jako podstawę wielu materiałów konstrukcyjnych stosuje się żywice epoksydowe jako osnowę zaplanowano właśnie ten polimer utwardzalny. Jako że mobilność cząsteczkowa polimeru usieciowanego jest znikoma, a efekty

lepkości oraz plastyczności są nieobecne modele komputerowe nanokompozytu na bazie koncepcji REO oraz teorii Mori'ego i Tanaki umożliwiły zbadanie wpływu nanododatku np. stopnia eksfoliacji nanopłytek glinki, uporządkowania ułożenia w matrycy itp. na właściwości materiałowe. Pomimo iż polimery usieciowane charakteryzują się znacznie większą wytrzymałością mechaniczną i termiczną w porównaniu z polimerami termoplastycznymi, to w obecnych zastosowaniach żywic epoksydowych jako materiałów konstrukcyjnych w lotnictwie, przemyśle samochodowym czy energetycznym (łopatki turbin), wykazują one niewystarczającą wytrzymałość oraz kruche zachowanie przy uderzeniu podczas działania dużych naprężeń rozciągających. Stąd zainteresowanie tych gałęzi przemysłu nanokompozytami na bazie żywic epoksydowych zawierających nanonrurki węglowe oraz nanoglinki.

Habilitant skupił więc uwagę na absorpcji energii kinetycznej przez nanokompozyty z osnową epoksydową. Ważnym wnioskiem z symulacji przeprowadzonych dla kompozytu z nanoglinką jest to, że zniszczenie nanokompozytu może wynikać z niszczenia samej interfezy lub zarówno nanododatku jak i interfezy. Należy tu podkreślić bardzo szczegółowe zbadanie mechanizmu pęknięcia nanokompozytu opisane w publikacjach H5 i H6. Symulacje przeprowadzono dla wielu różnych układów i różnych parametrów. Wydaje się, że zasymulowane warunki opisują większość sytuacji, które mogą pojawiać się podczas przetwórstwa i formowania kompozytu, a także jego użytkowania. Pozwala to na optymalizację składu kompozytu w zależności od planowanego zastosowania.

Jako podstawową hipotezę wyjaśniającą zwiększenie udarności nanokompozytu żywica epoksydowa – nanonrurki węglowe w porównaniu do żywicy nienapełnionej dr Figiel przyjął łączenie powierzchni ewentualnych pęknięć za pomocą nanorurek w wypadku, gdy dominują naprężenia rozciągające oraz zwiększenie odkształceń plastycznych w wypadku, gdy przeważają naprężenia ściskające. Badania weryfikujące tę hipotezę zostały przedstawione w publikacjach H7-H9. Dla symulacji tych zachowań wykorzystano periodyczny model geometryczny w połączeniu z dwuliniowym modelem kohezyjnym lub nieliniowym modelem konstytutywnym. Symulacje wykazały, że obecność nanorurek w osnowie epoksydowej powoduje zmniejszenie naprężeń na czole szczeliny, co prowadzi do uwalniania mniejszej ilości energii w porównaniu z nienapełnionym polimerem. Szczegółowa dyskusja uzyskanych wyników modelowania komputerowego pozwoliła Habilitantowi wysnuć praktyczne wnioski, jak np. że odpowiednia modyfikacja powierzchni nanorurek powinna prowadzić do redukcji naprężeń i w konsekwencji zwiększyć wytrzymałość materiału na działanie sił rozciągających.

Modelowanie wykazało także, że ilość zaabsorbowanej energii zwiększa się ze wzrostem frakcji objętościowej nanorurek.

By porównać efekt losowego i jednokierunkowego ułożenia nanorurek w osnowie epoksydowej, zawartości nanododatku w kompozycie oraz współczynnika kształtu na zachowanie mechaniczne nanokompozytu podczas ściskania Habilitant zaprojektował zaawansowany trójwymiarowy model komputerowy nanokompozytu przy zastosowaniu koncepcji REO w połączeniu z procedurą Monte Carlo oraz nieliniowym modelem konstytutywnym. Symulacje 3D pokazały że jednokierunkowe ułożenie nanorurek prowadzi do wzmocnienia materiału tuż po przekroczeniu granicy plastyczności. Odbiega to znacznie od wyników symulacji dla morfologii nanokompozytu z losowo zorientowanymi nanorurkami, dla której dochodzi do osłabienia materiału tuż po przekroczeniu granicy plastyczności i dopiero późniejszego wzmocnienia materiału przy dużych odkształceniach. Również w tym wypadku niektóre wyniki modelowania komputerowego zostały porównane z wynikami eksperymentów laboratoryjnych i uzyskano zgodność. Opracowane modele 3D, ze względu na możliwość wprowadzenia wielu parametrów jednocześnie zarówno dla nanododatku jak i osnowy oraz parametrów opisujących swoiste właściwości interfazy, pozwalają z dużą dokładnością przewidzieć związek morfologia - zachowanie mechaniczne nanokompozytu, co opisano w publikacjach H7, H8. Warto podkreślić, że opracowane przez dr. Figla modele biorą pod uwagę zarówno całkowite połączenie nanododatku z osnową jak i, bardziej oddające sytuację rzeczywistą, niepełne połączenie, poprzez zastosowanie rozszerzonego modelu komputerowego 3D (publikacja H9).

Istotą przedstawionych badań było opracowanie dokładnych modeli czy ulepszenie istniejących metod modelowania o takie aspekty jak istnienie wiązań pomiędzy osnową i nanododatkiem, tworzenie się interfazy, która może mieć w określonych warunkach kluczowe znaczenie w zachowaniu się materiału. Aspekty te uwzględnił Habilitant w swoich symulacjach komputerowych i uzyskał zgodność z danymi eksperymentalnymi uzyskanymi w swoich badaniach lub przedstawionymi w literaturze. Dodać należy, że obecnie przemysł bazujący na drogich materiałach inżynierskich bardzo chętnie korzysta z modelowania komputerowego właściwości zanim materiał zostaje poddany kosztownym i często czasochłonnym badaniom eksperymentalnym. Możliwość coraz bardziej dokładnego dopasowania właściwości już na etapie modelowania jest więc niezwykle istotna i Habilitant podjął to wyzwanie. Obecnie wszystkie programy modelowania komputerowego materiałów są jeszcze bardzo niedoskonałe, a uniwersalny model nanokompozytu nie istnieje, co pozytywnie dopisuje się do celowości podjętych przez dr. Figla prac badawczych.

Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego Habilitanta

Dr inż. Łukasz Figiel przez cały czas swojej działalności naukowej zajmuje się problematyką związaną modelowaniem komputerowym materiałów kompozytowych, przy czym na podkreślenie zasługuje fakt, że wszystkie przeprowadzone badania naukowe mogą zostać w przyszłości wykorzystane przez przemysł, co w wypadku dyscypliny inżyniera materiałowa ma bardzo pozytywny wydźwięk. Prowadzone badania mają charakter podstawowy i koncentrują się raczej na jak najpełniejszym zrozumieniu zachowań materiału w określonych warunkach oraz jak najdokładniejszym dopasowaniem modelu. Poza badaniami przedstawionymi jako osiągnięcie do oceny w przewodzie habilitacyjnym dr Łukasz Figiel prowadził badania tzw. materiałów barierowych, badania mechaniczne kompozytów i nanokompozytów, a główna domena Jego działalności naukowej to modelowanie komputerowe materiałów kompozytowych oraz przewidywanie ich właściwości w warunkach przetwórstwa i użytkowania.

Łączna liczba publikacji dr. Figla to 29 artykułów naukowych, w tym 23 opublikowane w czasopismach z listy JCR i 6 opublikowanych w czasopismach o zasięgu międzynarodowym spoza listy JCR oraz w materiałach konferencyjnych. Dr Figiel był kierownikiem dwóch projektu badawczych: „Optymalizacja morfologii i własności nanokompozytów na bazie polimerów częściowo krystalicznych w warunkach technologicznego formowania” finansowanego przez NCN i realizowanego w latach 2011-2014 w Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych oraz „Preparation, testing and modelling of nanocomposite surface coatings to improve the impact behaviour of advanced composite laminates” finansowanego przez IRC i realizowanego w Limerick University. W latach 2000-2009 był także głównym wykonawcą w czterech projektach badawczych realizowanych w ośrodkach zagranicznych.

Łączna liczba cytowań, bez autocytowań, wg bazy *Web of Science* na dzień 25.07.2016 wynosi 246, a Indeks Hirscha wynosi 8. Sumaryczny IF według listy JCR zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 33,67.

Dr inż. Łukasz Figiel posiada także doświadczenie dydaktyczne. Podczas pobytów w zagranicznych ośrodkach naukowych prowadził wykłady i ćwiczenia z mechaniki, konstrukcji, termodynamiki, modelowania układów, wykorzystania matematyki w pracach inżynierskich oraz materiałów kompozytowych. Wypromował sześciu magistrów – studentów Portsmouth

Univ. oraz Limerick Univ. i 4 licencjatów – studentów Limerick Univ., był także promotorem dwóch prac doktorskich obronionych w 2012 i 2014 r.

Imponująca jest także praca organizacyjna Habilitanta, jako że był zarówno współorganizatorem dwóch konferencji międzynarodowych, ekspertem NCN, członkiem konsorcjów badawczych, recenzentem artykułów naukowych oraz projektów badawczych. Dr Figiel jest członkiem dwóch towarzystw naukowych. Niejednokrotnie był zapraszany do wygłoszenia wykładów w znanych uniwersytetach europejskich. W 2009 r. otrzymał nagrodę Instytutu Materiałów, Mineralów oraz Górnictwa (IOM3) za badania w tematyce kompozytów polimerowych. Trzykrotnie otrzymał stypendia naukowe lub konferencyjne.

Podsumowując, dorobek naukowy, w tym publikacyjny, dydaktyczny i organizacyjny dr. inż. Łukasza Figla jest wartościowy i mieści się w dyscyplinie inżynierii materiałowej materiałów polimerowych.

Wniosek końcowy

Po zapoznaniu się z dokumentacją dotyczącą dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr. inż. Łukasza Figla stwierdzam, że spełnione są warunki określone w Art. 16 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.) O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Przedstawiony do oceny, jako osiągnięcie naukowe Habilitanta, cykl dziewięciu artykułów naukowych pod wspólnym tytułem „Zbadanie związku przetwarzanie-morfologia-zachowanie mechaniczne dla nanokompozytów polimerowych: modelowanie i eksperymenty” stanowi znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa. Wkład ten polega na opracowaniu nowych modeli komputerowych pozwalających z dużym przybliżeniem przewidzieć właściwości kompozytów z osnową polimerową ujawniające się w warunkach przetwórstwa i użytkowania, a więc w zależności od wielu czynników fizycznych. Kompleksowe podejście do modelowania komputerowego materiałów polegające na łączeniu różnych procedur i koncepcji jest oryginalnym osiągnięciem Habilitanta i pozwala na tworzenie modeli bazujących na poszerzonym zestawie danych materiałowych, co w konsekwencji powoduje, że model daje wyniki zbliżone do badań eksperymentalnych. Na podkreślenie zasługuje fakt, że całokształt dorobku naukowego (w tym publikacyjny), dydaktycznego i organizacyjnego dr. inż. Łukasza Figla jest znaczący i spójny, znacząco powiększony po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, z jasno udokumentowanym wkładem Habilitanta.

Na podstawie przedstawionej oceny wnioskuję o nadanie dr. inż. Łukaszowi Figlowi stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Kraków 2016-08-16

Jadwiga Laska

