

Poznań, 20.03.2025

dr hab. inż. Jacek Andrzejewski
Zakład Tworzyw Sztucznych (ZTS)
Instytut Technologii Materiałów (ITMat)
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Poznańska

JM Rektor Politechniki Poznańskiej
prof. dr hab. inż. Teofil JESIONOWSKI
przez

Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej
dr hab. inż. Bartosza GAPIŃSKIEGO, prof. PP

Zwracam się z prośbą o udzielenie mi urlopu naukowego w terminie od 15 czerwca 2025 do 15 września 2025. W okresie tym planuję realizację stażu naukowego. W terminie planowanego stażu chciałbym skorzystać z płatnego urlopu naukowego (3 miesiące).

Uzasadnienie wniosku:

Celem wyjazdu jest realizacja stażu na Katolickim Uniwersytecie w Leuven (KU Leuven), w jednostce Processing of Polymers & Innovative Material Systems (Campus Brugges). Zadania realizowane w trakcie stażu obejmować będą tematykę opracowania nowych materiałów polimerowych przeznaczonych do przetwarzania metodami przyrostowymi. KU Leuven jest jedną z najlepszych jednostek naukowych prowadzących badania w tej dziedzinie. Nadzór nad pracami badawczymi w trakcie pobytu pełnić będzie prof. Frederik Desplentere. Staż realizowany będzie w ramach programu „Inicjatywa Doskonała Współpraca Międzynarodowa – Programy Stażowe” realizowanego na Politechnice Poznańskiej.

Jacek Andrzejewski

dr hab. inż. Marek Szostak

dr hab. inż. Paweł Popielarski

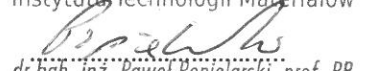


Wnioskodawca



Kierownik ZTS

DYREKTOR
Instytutu Technologii Materiałów


dr hab. inż. Paweł Popielarski, prof. PP
Dyrektor ITMat

Stanowisko Rady Wydziału lub Rady Jednostki:

Podpis Dziekana lub kierownika jednostki

From

Prof Frederik Desplentere

Department of Materials Engineering

Katholieke Universiteit Leuven (KUL)

To

PhD Jacek Andrzejewski

Institute of Materials Technology (ITMat)

Faculty of Mechanical Engineering

Poznan University of Technology (PUT)

This letter is to extend an invitation to Dr Jacek Andrzejewski to conduct research as a Visiting Research Fellow at the **Katholieke Universiteit Leuven (KUL) Processing of Polymers & Innovative Material Systems Research Group (ProPolis)**. As a Visiting Researcher, Dr Andrzejewski will likely be engaged with other members of the KUL and the broader academic community in research and scholarship activities that may generate intellectual property. We will also make every effort to ensure that the assumptions of the implemented project have been achieved and that the results have helped develop new technologies.

I will personally take over the role of intern project supervisor (**Frederik Desplentere**). I am a specialist in the field of modification of polymer materials, simulation of technological processes, and methods of testing polymer and composite products. I also act as the leader of the **ProPolis Research Group**. Therefore, I have the best understanding of the possibilities of carrying out research tasks in the host unit. Due to the fact that the topics of scientific works carried out by Dr. **Jacek Andrzejewski** largely overlap with the research carried out at the KUL, I believe that a joint project may allow for an effective exchange of experience, not only in the field of planned research but also in the course of a more general exchange of scientific experiences.

The appropriate hosting facility, which is an integral unit within the KUL structure, is the **Processing of Polymers & Innovative Material Systems Research Group (ProPolis)**. ProPolis is a center combining the experience of scientists from the Faculty of Engineering Technology and the Department of Materials Engineering. The center aims to serve as a unique platform for the development of the field of polymer/composite modification and the development of plastics manufacturing techniques.

The implementation of the discussed project (***Development of novel types of heat-resistant materials intended for manufacturing using extrusion-based 3D printing***) will allow for the broadening of research on the development of sustainable materials in additive manufacturing processing. The subject of the project can be considered interdisciplinary because it combines both material and mechanical engineering topics. The described research is of an implementation nature; however, for some of the planned works, in particular thermomechanical analysis measurements, the results will allow for a better understanding of the conditions of formation of the crystalline phase during additive manufacturing; therefore, they can be categorized as basic research. The subject of sustainable materials is of interest to many research centers around the world. The utilization of waste types of polymers and further modification aimed to increase the heat resistance of 3D-printed parts should contribute to the reduction of production costs and influence and reduce the negative impact of these processes on the environment. In accordance with the project expectations, the main planned result of the project will be long-term cooperation with the host center, which, due to the rank of KUL

(Katholieke Universiteit Leuven), creates real opportunities for the possibility of effective application in joint scientific projects. The main direct result should be considered planned publications of the results of scientific work carried out as part of an internship stay. Because the subject of the project is an innovative issue from the point of view of material applications, it is planned to cover selected solutions with patent protection.

I believe this visit will further develop mutual research cooperation between the Poznan University of Technology and Katholieke Universiteit Leuven in the fields of polymer materials modification and modern processing techniques.

I declare that the internship stay will not be financed with additional funding provided by KU Leuven or any other institution.

Frederik Desplentere

Head of Processing of Polymers & Innovative Material Systems Research Group (ProPolis)
KU Leuven Bruges Campus
Sporwegstraat 12
8200 Brugges - Sint-Michiels (Belgium)

**Frederik
Desplentere
(Signature)**

Digitally signed by
Frederik Desplentere
(Signature)
Date: 2025.02.04
16:07:51 +01'00'



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

prof. dr hab. inż. Mariusz Głąbowski
Prorektor ds. współpracy międzynarodowej

pl. M. Skłodowskiej Curie 5, 60-965 Poznań, tel.: +48 61 665 36 92
e-mail: prorektor.internacjonalizacja@put.poznan.pl, www.put.poznan.pl

Poznań, dnia 13 marca 2025 r.

R4E-076-31/2025

Sz.P.

dr hab. inż. Jacek Andrzejewski, prof. PP

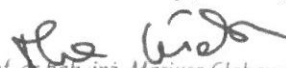
Wydział Inżynierii Mechanicznej

w miejscu

Działając na podstawie Regulaminu przyznawania środków finansowych na realizację naukowego stażu zagranicznego „INICJATYWA DOSKONAŁA WSPÓŁPRACA MIĘDZYNARODOWA – PROGRAMY STAŻOWE” wydanego Zarządzeniem nr 46 Rektora Politechniki Poznańskiej z dnia 24 grudnia 2024 r. (RO/XII/46/2024), uprzejmie informuję, że po ocenie merytorycznej Komisji powołanej na Wydziale uzyskał Pan łączną liczbę punktów: 98/100.

Decyzją Komisji stypendialnej zostało Panu przyznane stypendium na okres 3 miesięcy w wysokości 30 000 zł. do późniejszego rozliczenia.

PROKURATOR WSPÓŁPRACY MIĘDZYNARODOWEJ
Przewodniczący Komisji


prof. dr hab. inż. Mariusz Głąbowski

Do wiadomości:

1. Dziekan Wydziału Inżynierii Mechanicznej
2. Kwestura

dr hab. inż. Jacek Andrzejewski
Zakład Tworzyw Sztucznych (ZTS)
Instytut Technologii Materiałów (ITMat)
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Poznańska

Zakres i sposób realizacji planowanych działań

Cele naukowe:

Koncepcja pracy ma na celu opracowanie materiału o możliwie najwyższej zawartości odpadowego politereftalanu etylenu. Poprzednie prace na ten temat wskazują na możliwość wytworzenia filamentu i przeprowadzenia procesu druku FDM z pierwotnego i poddanego recyklingowi PET (rPET), co stanowi wyzwanie ze względu na niską lepkość większości tego typu materiałów. Omawiane badania zakładały, że skład bazowy powinien zawierać mieszaninę rPET/kopolimer w stosunku wagowym 50/50%, co wydaje się rozwiązaniem optymalnym, jak wskazano we wcześniejszych pracach naukowych. Przetwarzanie niemodyfikowanego PET przy użyciu druku 3D niesie ze sobą pewne trudności. Po pierwsze, temperatura topnienia homopolimeru PET wynosi co najmniej 250 °C, co wymaga stosowania wyższych temperatur dyszy drukującej. W przypadku drukowania kopolimeru PETG minimalna temperatura uplastycznienia wynosi zwykle 230–240 °C. Oprócz wyższej temperatury topnienia, przebieg zmian lepkości podczas topienia PET jest wysoce niekorzystny, szczególnie w przypadku popularnych odmian przeznaczonych do formowania wtryskowego preform butelek i materiałów pochodzących z przetworzonej żywicy rPET. Przetwarzanie homopolimeru politereftalanu etylenu jest możliwe po stopieniu jego fazy krystalicznej, co odróżnia go od kopolimerów amorficznych, w których obróbka kształtująca może zachodzić powyżej temperatury zeszklenia. Przetwarzanie polimerów amorficznych umożliwia płynną zmianę lepkości poprzez podniesienie temperatury elementu grzejnego; w przypadku druku FDM jest to dysza/hotend wytłaczarki. W przypadku PET typowym zjawiskiem jest szybkie przejście ze stanu stałego do ciekłego tuż powyżej temperatury topnienia. W wielu przypadkach wskaźnik MFR przekracza 100 g/10 min, co utrudnia proces drukowania 3D i powoduje nieregularny przepływ materiału z dyszy. Ostatnią cechą, która ogranicza stosowanie PET w druku 3D jest tendencja tego polimeru do krystalizacji, gdzie powstawanie fazy krystalicznej zwiększa skurcz i tym samym tendencję do wyginania się wytworzonych modeli. Ze względu na powyższe czynniki, podejście do drukowania dobrej jakości produktów drukowanych w 3D z niemodyfikowanego PET jest dużym wyzwaniem, z pewnością trudnym do osiągnięcia dla niedoświadczonego użytkownika.

Opis problemu naukowego:

Głównym problemem badawczym omawianego projektu jest konieczność stabilizacji właściwości reologicznych mieszanek zawierających odpady politereftalanu etylenu. Ze względu na wysoki wskaźnik płynięcia (MFR) tego polimeru, uzyskanie filamentu o stabilnej średnicy jest bardzo wymagającym zadaniem. Niska lepkość tego polimeru utrudnia również prawidłowe przeprowadzenie procesu druku 3D. Typowym zjawiskiem negatywnym jest rozpyływanie się warstwy polimeru na powierzchni platformy roboczej. Grubość warstwy materiału jest wówczas trudna do ustabilizowania i powoduje niejednorodność właściwości wykonanego modelu. Rozwiązaniem tego problemu, które zostanie przetestowane w ramach projektu, będzie optymalizacja procesu wytłaczania mieszanki polimerowej w procesie wytłaczania reaktywnego. Zastosowanie tej metody powinno zwiększyć masę

cząsteczkową zdegradowanych makrocząsteczek PET. Proces ten pozwoli również pośrednio na lepszą kompatybilność z pozostałymi składnikami układu. Dodatkowo projekt przeanalizuje drugi ważny aspekt wykorzystania materiałów na bazie PET w druku 3D wynikający z ich częściowej krytyczności. W przypadku większości dostępnych komercyjnie filamentów materiały charakteryzują się najniższym możliwym poziomem krystaliczności, co ogranicza skurcz produktów i minimalizuje deformacje podczas produkcji. Ze względu na fakt, że odpadowe odmiany PET mają zwykle większą tendencję do krystalizacji, czynnik ten zostanie wykorzystany w badaniach w celu poprawy odporności cieplnej gotowych produktów. Plan badań przewiduje możliwość uzyskania dobrych wyników zarówno poprzez dobór odpowiednich warunków termicznych dla procesu druku 3D, jak i poprzez obróbkę cieplną gotowych produktów.

Innowacyjność planowanych prac:

W obecnych badaniach nad drukiem 3D znaczna część badań w zakresie recyklingu tworzyw sztucznych dotyczy zagospodarowania odpadów po procesie drukowania, w szczególności polilaktydu (PLA) i kopolimeru ABS. W praktyce przemysłowej filamenty pochodzące z wtórnego przetwarzania drukowanych modeli są już dostępne na rynku. Niestety, ze względu na konieczność ujednolicenia koloru, większość tego typu materiałów dostępna jest w kolorze czarnym lub szarym. W przeciwieństwie do przykładów wymienionych powyżej, koncepcja pracy zakłada produkcję filamentu pierwotnego z materiałów odpadowych z innych procesów technologicznych, w szczególności odpadów poprodukcyjnych i poużytkowych z przemysłu opakowaniowego. Jest to istotna nowość, ponieważ uwzględnia możliwość wykorzystania odpadów polimerowych już na pierwszym etapie produkcji filamentu pierwotnego. Co ważne, proponowana koncepcja umożliwia rozwiązanie problemów kolorystycznych, ponieważ w przypadku opakowań na bazie PET materiał pozostaje przezroczysty, dzięki czemu możliwe jest jego barwienie na dowolny kolor w trakcie dalszych procesów przetwórczych.

Metodyka prac:

Biorąc pod uwagę tematykę projektu, w tym wykorzystanie odpadowych poliestrów termoplastycznych jako głównej matrycy dla opracowanych materiałów, kluczowym aspektem badań będzie ocena właściwości przetwórczych i ich dostosowanie do wymagań metody druku z filamentu. Z tego powodu kluczowymi analizowanymi aspektami będą właściwości reologiczne i stabilność termiczna. Pozostałe badania będą koncentrować się głównie na ogólnej ocenie właściwości funkcjonalnych opracowanych materiałów, gdzie celem badań będzie szczegółowa charakterystyka przygotowanych mieszanek. Dlatego większość testów zostanie przeprowadzona przy użyciu próbek drukowanych w technologii 3D, a próbki wtryskiwane zostaną przygotowane w celu określenia punktów odniesienia właściwości. Oprócz standaryzowanej oceny właściwości mechanicznych i termomechanicznych, testy zostaną uzupełnione o wyniki pomiarów analizy termicznej i obserwacji mikroskopowych.

Spodziewane rezultaty:

Podobnie jak w przypadku klasycznych projektów naukowych, badania naukowe prowadzone w ramach planowanego stażu będą miały na celu wypracowanie nowych standardów wiedzy i opracowanie rozwiązań o potencjale aplikacyjnym. Z tego powodu wyniki badań będą stanowić cenny materiał publikacyjny. Podobnie jak większość znanych instytucji naukowych, KU Leuven jest również instytucją nastawioną na popularyzację wiedzy technicznej, gdzie najskuteczniejszym sposobem oceny jej działań są publikacje naukowe i prezentacje konferencyjne. Innym planowanym rezultatem projektu będzie również stała współpraca z ośrodkiem goszczącym, co ze względu na rangę KU Leuven stwarza realne szanse na możliwość efektywnego zastosowania we wspólnych projektach naukowych. Zarówno Politechnika Poznańska (PP), jak i KU Leuven są instytucjami nastawionymi na tworzenie rozwiązań w ramach zrównoważonych technologii. Dlatego współpraca w tych kwestiach w zakresie recyklingu polimerów i nowoczesnych technik przetwórstwa tworzy doskonałą platformę do dalszej współpracy.

Jednak obecnie trudno jest przewidzieć mierzalne efekty tych dalszych działań. Biorąc pod uwagę potencjał publikacyjny planowanych prac naukowych. Minimalny plan obejmuje publikację 3-4 artykułów naukowych, które mogą zostać przygotowane w trakcie pobytu i w wyniku działań realizowanych w ramach stażu. Ponadto planowane jest zaprezentowanie wyników badań na co najmniej dwóch konferencjach naukowych o zasięgu międzynarodowym.

Wpływ uczestnictwa w stażu zagranicznym na dalszy rozwój naukowy stypendysty i Uczelni

Rzeczywiste zainteresowania naukowe stażysty obejmują głównie metody przetwarzania polimerów i materiałoznawstwo. W ostatnich latach w szczególności techniki modyfikacji polimerów w kontekście zastosowań druku 3D. KU Leuven jest wiodącą instytucją w obszarze metod wytwarzania addytywnego, co sprawia, że jednostka przyjmująca jest najlepszym wyborem do realizacji planowanego projektu. Udział w programie stażowym może pozwolić na dalszy rozwój kariery naukowej stażysty i poszerzenie wiedzy w dyscyplinie naukowej.

Współpraca międzynarodowa jest obecnie głównym czynnikiem postępu w większości dziedzin naukowych. Planowany przeze mnie udział w programie stażowym oraz sam pobyt w ośrodku KU Leuven może być również ważnym krokiem w rozwoju współpracy naukowej między KU Leuven a Politechniką Poznańską (PP). Moje osobiste doświadczenia związane z zagranicznymi pobytami naukowymi pozwalają mi stwierdzić, że współpraca tego typu przyczynia się nie tylko do możliwości prowadzenia badań w ośrodkach naukowych najwyższej rankingu światowego. Przyczyniają się również do zwiększenia potencjału naukowego pracowników uczelni, zwiększenia ich doświadczenia i rozwoju umiejętności. Praca w zagranicznych ośrodkach naukowych pozwala również poznać standardy pracy w międzynarodowych zespołach badawczych, co jest trudne do wdrożenia w polskich warunkach. Moje własne doświadczenia związane z pobytem stażowym na uczelniach zagranicznych pozwalają mi stwierdzić, że tego typu współpraca jest najbardziej rozwijającym charakterem rozwoju kompetencji kadry naukowej, co bezpośrednio przekłada się na korzyści dla rodzimej jednostki naukowej. W kontekście planowanej współpracy z zespołem KUL, wspólne badania naukowe przyniosą bezpośredni efekt w postaci publikacji naukowych i wystąpień konferencyjnych. Chciałbym jednak, aby głównym efektem mojego pobytu była dalsza współpraca z uczelnią, zarówno w ramach współpracy osobistej, jak i wspólnych projektów badawczych w ramach programów międzynarodowych jak Weave, M.Era.NET, lub Horyzont Europa.

Realizacja projektu stażowego w KU Leuven, podobnie jak w przypadku zakończonego wcześniej pobytu w DTU, powinna przyczynić się do dalszego rozwoju kariery, nie tylko stażysty, ale także innych członków zespołu Instytutu Technologii Materiałowych (PUT), którzy mogą w przyszłości skorzystać z nawiązanych kontaktów naukowych.



Jacek Andrzejewski