

**Karta zgłoszenia tematyki badawczej  
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych  
dla kandydatów do Szkoły Doktorskiej  
w roku akademickim 2024/2025**

Proponowana tematyka doktoratu
<b>Materiały polimerowe pochodzące z recyklingu i dodatków w postaci napelniczy metalowych i/lub niemetalowych do zastosowań w technologiach przyrostowych</b>
Dyscyplina naukowa ( <i>*niewłaściwe skreślić</i> )
<del>AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA I ELEKTROTECHNIKA</del> <del>INŻYNIERIA LĄDOWA I TRANSPORT</del> INŻYNIERIA MECHANICZNA
Proponowany promotor
dr hab. inż. Iwona Michalska-Požoga, prof. PK Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki; Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego ul. Raclawicka 15-17.; budynek: C; pokój: 221 e-mail: iwona.michalska-pozoga@tu.koszalin.pl; tel.: 94 3478425

Krótki opis tematyki badawczej ze wskazaniem problematyki naukowej (max. 350 słów)
Poszukiwanie nowych materiałów i nowych sposobów ich przetwarzania stało się konieczne, ponieważ w dobie szybko rozwijającej się technologii i potrzeb rynku, właściwości materiałów konwencjonalnych stały się niewystarczające. Wpływ na poszukiwanie nowych rozwiązań ma też szybko rozwijający się trend tzw. „zero waste”, który ma bezpośredni wpływ na ochronę środowiska naturalnego. Zakłada się, że materiały, stosowane w nowoczesnych technologiach różnych branż, powinny mieć wysoką wydajność, efektywność, niezawodność. Ponadto powinny być lekkie i odporne na ekstremalne warunki (wysoką i niską temperaturę, wysokie i niskie ciśnienie, agresywne substancje i środowisko). Po wielu latach badań stwierdzono, że wszystkie te właściwości można uzyskać przez wytworzenie, z materiałów klasycznych, kompozycji o różnych właściwościach. A dzięki wytwarzaniu materiałów kompozytowych można też z powodzeniem zagospodarować materiały odpadowe (odpady opakowaniowe, odpady poprodukcyjne, odpady produkcji rolnej, odpady tworzywowe pochodzące z morza itp.), dzięki synergii ich właściwości. Skład materiałów kompozytowych ewoluował, dzięki czemu możliwe było uzyskanie ich najlepszych właściwości. W dzisiejszych czasach materiały kompozytowe na równi z innymi klasycznymi materiałami, tj. metalami, ceramiką i polimerami, są równie szeroko stosowane jako materiały konstrukcyjne. O ile materiały metalowe i ceramiczne rozwijają się od lat, o tyle związki wielkocząsteczkowe i powstałe na ich bazie kompozyty są wynalazkami XX wieku. Kompozyty polimerowe, czyli takie, gdzie osnowę stanowią materiały polimerowe, swoją popularność zdobyły dzięki dużej wytrzymałości mechanicznej przy stosunkowo niskiej masie, zwiększonej odporności na agresywne środowisko, a także podatności na ponowne przetwarzanie. Porównując właściwości kompozytów z materiałami tradycyjnymi zauważono, że w wielu przypadkach właściwości

kompozytów są o wiele lepsze i nieosiągalne dla monomateriałów, np. kompozyt polimerowy PA + GF50 ma o około 100% lepsze właściwości wytrzymałościowe niż stop aluminium i o 40% wyższe niż stop tytanu. Dodatkami stosowanymi jako napełniacze lub wzmocnienie w kompozycie są: materiały naturalne (włókna celulozowe, bawełniane, słoma, liście drzew itp.) i materiały syntetyczne (włókna szklane, węglowe, polimerowe, wzmocnienia metaliczne, napełniacze ceramiczne itp.). W zależności od ich postaci, rozmiarów i ilości możemy projektować właściwości kompozytów, które dzięki atrakcyjnym właściwościom znajdują szerokie zastosowanie w różnych branżach przemysłu. Kompozyty polimerowe najczęściej wytwarzane są metodami stosowanymi do przetwarzania materiałów polimerowych, tj. kompozyty o osnowie z tworzyw termoplastycznych – przez wytlaczanie i wtryskiwanie. Najczęściej klasyczny (jedno- i dwuślimakowy) sposób wytłaczania wykorzystywany jest na etapie wstępnym wytwarzania kompozytów, najczęściej do otrzymania granulatu kompozytowego. Wytwarzanie kompozytów polimerowych wiąże się najczęściej z przeprowadzeniem tego procesu w dwóch etapach: wstępnym i właściwym. Wstępnym etapem wytwarzania kompozytów jest mieszanie polimeru w stanie uplastycznionym z napełniaczem, a także z innymi dodatkami podczas wytłaczania, w ten sposób uzyskując np. granulaty, czyli materiał dla etapu właściwego wytwarzania kompozytów. Natomiast właściwym etapem przetwarzania jest kształtowanie (formowanie) gotowego wyrobu z wcześniej wytłoczonego granulatu kompozytowego. Obecnie zaczynają się pojawiać publikacje dotyczące zastosowania kompozytów polimerowych jako materiału stosowanego do wytwarzania elementów w technologii przyrostowej. Drewno i inne materiały lignocelulozowe lub ich komponenty (lignina, celuloza, nanoceluloza) mogą być wykorzystywane w technologiach wytwarzania przyrostowego na kilka sposobów i mogą stać się jednym z wiodących materiałów pochodzenia naturalnego w celu zmniejszenia wykorzystania zasobów ropopochodnych i zmniejszenia ich wpływu na środowisko. Włączenie materiałów drzewnych do wytwarzania przyrostowego jest interesujące ze względu na ich pozytywny wpływ na środowisko i wytworzenie materiału o ulepszonych właściwości. Istotną zaletą stosowania drewna z polimerami biodegradowalnymi lub pochodzącymi z recyklingu jest niewątpliwie możliwość wykorzystania materiałów odpadowych i ich recyklingu po zakończeniu ich eksploatacji. Dzięki odpowiedniej kombinacji polimeru, cząstek drewna (rozmiar, rozmieszczenie i zawartość), preparatu i dodatków, w mieszkankach można osiągnąć szeroki zakres poziomów wydajności. Na przykład trociny mogą służyć jako wzmocnienie na zginanie i wytrzymałość na rozciąganie lub po prostu tani wypełniacz. Technologia przyrostowa, jest coraz częściej stosowana w ostatniej dekadzie ze względu na jej wszechstronność w wytwarzaniu wielu produktów o złożonych kształtach i określonych właściwościach mechanicznych przy niskich kosztach. Druk trójwymiarowy jest wykorzystywany w przemyśle biomedycznym, inżynierii lądowej, lotniczej i motoryzacyjnej do wytwarzania prototypów, modeli, części zamiennych, koron dentystycznych, protez kończyn itp. Jedną z najpopularniejszych technik “druku 3D” jest technologia FDM. FDM staje się coraz bardziej popularny ze względu na niski koszt, niskie koszty utrzymania i rosnącą różnorodność zastosowanych surowców, na przykład: kwas polimlekowy (PLA), polipropylen (PP), glikol politereftalanowy etylenu (PETG) i akrylonitryl-butadien-styren (ABS) i wiele innych. Jedną z głównych zalet wykorzystania naturalnych cząstek i materiałów lignocelulozowych w materiałach drukowanych 3D na bazie PLA, PE czy PP jest ich dostępność, niski koszt, niewielka masa i ograniczony wpływ na środowisko. Kompozyty z surowców odnawialnych oparte na technologii FDM stały się atrakcyjnymi produktami dla budownictwa, samochodów, mebli i innych zastosowań konsumenckich ze względu na zwiększoną świadomość ekologiczną i zapotrzebowanie na materiały przyjazne dla środowiska. Podczas gdy właściwości mechaniczne NFRC i WPC wytwarzanych tradycyjnymi metodami, takimi jak wytłaczanie lub formowanie wtryskowe, zostały szeroko zbadane, to właściwości mechaniczne elementów NFRC i WPC na bazie PLA, PP i PE uzyskanych w technologii przyrostowej są nadal badane. W oparciu o przeanalizowaną literaturę stwierdzono, że niewiele jest badań dotyczących właściwości użytkowych materiałów kompozytowych na bazie PLA, PP i PE napełnionych cząstkami metali i niemetali, a w

szczególności składników kompozytów pochodzących z recyklingu wytworzonych przyrostowo. Największym na dziś problemem w zastosowaniu tych materiałów w technologiach przyrostowych jest: po pierwsze uzyskanie dobrej jakości filamentu i doboru parametrów procesu pozwalających na uzyskanie elementu o dobrej jakości i spodziewanych właściwościach. Podstawowa zaleta zastosowania kompozytów polimerowych w technologiach przyrostowych jest zmniejszenie masy odpadów polimerowych w porównaniu z technologiami klasycznymi.

Uzasadnienie celowości podjęcia tematyki badawczej (max. 150 słów)

**Realizacja powyższej tematyki pozwoli na:**

- a) wykorzystując synergii właściwości poszczególnych składników kompozycji pochodzących z recyklingu pozwoli na uzyskanie materiałów w postaci kompozytów polimerowych o polepszonych właściwościach mechanicznych, fizycznych, fizykochemicznych z możliwością zastosowania ich w technologiach przyrostowych;
- b) rozwój wiedzy w zakresie kompozytów polimerowych z napełniaczami naturalnymi, w szczególności dotyczących materiałów pochodzących z recyklingu i zastosowaniu ich w technologiach przyrostowych.;
- c) opracowanie technologii mogącej przynieść korzyści dla środowiska, poprzez ograniczenie masy stosowania materiałów pierwotnych na rzecz stosowania materiałów poodpadowych.

Proponowane tematy prac doktorskich w ramach zgłaszanej tematyki badawczej (do 3 tematów)

1. Wpływ udziału napełniacza naturalnego drzewnego na właściwości kompozytów polimerowych WPC do zastosowań w technologii przyrostowej.
2. Wpływ udziału napełniacza metalowego na właściwości kompozytów polimerowych do zastosowań w technologii przyrostowej.
3. Możliwość wykorzystania materiałów odpadowych do wytworzenia kompozytów polimerowych jako materiału do zastosowań w technologii przyrostowej.

Źródła finansowania tematyki badawczej (tematyka realizowanych obecnie grantów naukowych finansowanych ze źródeł zewnętrznych lub w ramach subwencji)

Finansowanie w ramach subwencji.

Potwierdzenie możliwości zapewnienia dostępu do aparatury naukowej oraz oprogramowania niezbędnego do realizacji proponowanej tematyki badawczej (\*niepotrzebne skreślić)

W PEŁNI / CZĘŚCIOWO / BRAK \*

W przypadku odpowiedzi CZĘŚCIOWO lub BRAK proszę wskazać rodzaj brakującej aparatury naukowej i/lub oprogramowania oraz źródła finansowania dostępu do nich

Wytłaczarka dwuślimakowa z linią do granulacji

Wykaz ważniejszych publikacji (maksymalnie 5), związanych z proponowaną tematyką badawczą, publikowanych w czasopismach indeksowanych w Web of Science lub Scopus za okres ostatnich 3 lat (z uwzględnieniem współczynnika wpływu czasopisma oraz punktacji MEiN)

1. **Michalska-Požoga I.,** Szczepanek M.: Analysis of Particles' Size and Degree of Distribution of a Wooden Filler in Wood-Polymer Composites, **Materials** **2021**, 21, 14, doi: 10.3390/ma14216251 (IF:3,623; 140 pkt.);
2. Rydzkowski T., Kulesza S., Bramowicz M., **Michalska-Požoga I.**: Zastosowanie mikroskopii sił atomowych i analizy fraktalnej do badania wpływu temperatury na topografię powierzchni materiałów polimerowych. **Polimery** **2020**, 1, 25 dx.doi.org/10.14314/polimery.2020.1.4 (70 pkt., IF- 1,121);
3. Wroblewska-Krepsztul J., Rydzkowski T., **Michalska-Požoga I.**, Kumar V.: Biopolymers for Biomedical and Pharmaceutical Applications: Recent Advances and Overview of Alginate

Electrospinning. **Nanomaterials** 2019, 9, 404. doi: 10.3390/nano9030404 (IF - 3,504; 70 pkt.);

4. **Michalska-Požoga I.**: Studium efektywnego wytłaczania kompozytów polimerowych z wykorzystaniem ślimakowo-tarczowego układu uplastyczniającego. **Monografia nr 319**, Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej, **Koszalin, 2017**, str. 173. ISBN 978-83-7365-440-2 (25 punktów);
5. **Michalska – Pożoga I.**, Węgrzyk S., Rydzkowski T. 2017. Wykorzystanie metody Taguchi do oceny wpływu sposobu wytłaczania na właściwości kompozytów polimerowo-drzewnych. **Polimery** 2017, 62, 9, 686-692, doi: 10.14314/polimery.2017.686 (IF = 0,778; 15 punktów - lista A);

Wykaz grantów naukowych finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz European Research Council, w których promotor brał udział w okresie ostatnich 5 lat

-

Wykaz usług badawczych realizowanych na rzecz przemysłu związanych z proponowaną tematyką badawczą za okres ostatnich 5 lat

1. Zbadanie składu dostarczonego w próbkach tworzywa: wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie, moduł Younga, gęstość, skurcz;
2. Opracowanie właściwej mieszanki z dostarczonych próbek tworzyw, która pozwoli uzyskać parametry dla wyrobów budowlanych w klasie B125 oraz C250;
3. Badanie zawartości chloru w celu określenia obecności poli(chlorku winylu) w workach i taśmach z wyprodukowanych z polietylenu niskiej gęstości;
4. Innowacyjna technologia wytwarzania worków foliowych z trójwarstwowej folii ze znacznym udziałem zanieczyszczonych recyklatów polimerowych;
5. Opinia o innowacyjności na temat Narzędzia do produkcji nowych wyrobów wytłaczanych zastosowanych w telekomunikacji i medycynie;
6. Badanie twardości metodą Shore'a elementów z tworzywa sztucznego;
7. Ocena właściwości wytrzymałościowych i budowy strukturalnej elementów z PC/ABS;
8. Wykonanie badań właściwości tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu;
9. Badanie właściwości tworzywa sztucznego pochodzącego z recyklingu oraz folii wyprodukowanej z tego tworzywa;
10. Badanie właściwości tworzywa sztucznego za pomocą aparatu DSC;
11. Badanie próbki folii bio wyprodukowanej za pomocą technologii konwencjonalnej i nowoczesnej, wraz z porównaniem właściwości tych folii;