



**Międzynarodowa Środowiskowa Szkoła Doktorska**  
przy **Centrum Studiów Polarnych**  
w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach

ul. Będzińska 60  
41-200 Sosnowiec  
tel. +48 32 368 93 80  
polarknow@us.edu.pl  
www.mssd.us.edu.pl



**Proponowany temat rozprawy doktorskiej:** Wytworzenie hybrydowych powłok biopolimerowych na powierzchni porowatych materiałów na bazie tytanu oraz cyrkonu otrzymanych metodą metalurgii proszków do zastosowań medycznych.

**Wymagania wobec kandydatów:**

1. Tytuł magistra inżyniera w dziedzinie inżynierii materiałowej, inżynierii biomedycznej lub pokrewnej.
2. Wymagania merytoryczne
  - a) Szeroka wiedza na temat biomateriałów, ich wytwarzania oraz sposobu ich doboru w zależności od funkcji jaką będą pełniły w organizmie. W szczególności w zakresie biomateriałów metalicznych opartych na bazie tytanu i cyrkonu i metod modyfikacji i funkcjonalizacji ich powierzchni.
  - b) Doświadczenie w wytwarzaniu biomateriałów metalicznych z użyciem technologii metalurgii proszków, obróbka cieplna i mechaniczna.
  - c) Znajomość metody elektroforetycznego osadzania powłok (EPD)
    - Wiedza w zakresie zasad i technik metody.
    - Doświadczenie w przygotowaniu zawiesin, elektrod w procesie osadzania elektroforetycznego.
3. Znajomość metod badawczych:
  - a) Skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM)
    - Umiejętność obsługi mikroskopu skaningowego.
    - Zdolność do analizy obrazów i interpretacji wyników dotyczących struktury powierzchni i mikrostruktury materiałów.
  - b) Analiza rentgenowska (XRD)
    - Znajomość podstaw dyfrakcji rentgenowskiej.
    - Umiejętność interpretacji dyfraktogramów i identyfikacji faz w badanych materiałach.
  - c) Spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR)
    - Znajomość zasad działania spektroskopii FTIR.
    - Umiejętność przygotowania próbek i interpretacji wyników w kontekście identyfikacji grup chemicznych i związków w badanych materiałach.
  - d) Mikroskopia optyczna



**Międzynarodowa Środowiskowa Szkoła Doktorska**  
przy **Centrum Studiów Polarnych**  
w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach

ul. Bedzińska 60  
41-200 Sosnowiec  
tel. +48 32 368 93 80  
polarknow@us.edu.pl  
www.mssd.us.edu.pl



- Zdolność do pracy z mikroskopami optycznymi i przygotowywania próbek.
  - Umiejętność analizy obrazów i oceny mikrostruktury oraz powierzchni materiałów.
- e) Techniki badań właściwości mechanicznych
- testy twardości, wytrzymałości na rozciąganie, ściskanie i zginanie.
  - Umiejętność interpretacji wyników testów mechanicznych w kontekście właściwości biomateriałów.
- f) Badania trybologiczne:
- Obsługa tribometrów do badania tarcia i zużycia
  - Pomiar chropowatości i topografii powierzchni
  - Techniki badania twardości (mikrotwardościomierz)
  - Scrach test
  - Umiejętność analizy otrzymanych wyników
- g) Testy biologiczne i biokompatybilności:
- Znajomość podstawowych testów in vitro i in vivo oceniających biokompatybilność biomateriałów.
  - Zrozumienie interakcji materiał- żywa tkanka.
4. Umiejętności dodatkowe
- a) Zdolność do krytycznej analizy wyników badań i ich interpretacji w kontekście celów dysertacji.
- b) Umiejętność prowadzenia badań naukowych
- Doświadczenie w projektowaniu eksperymentów, zbieraniu danych i ich analizie.
  - Zdolność do pisania raportów naukowych, artykułów oraz prezentacji wyników na konferencjach.
- c) Kompetencje techniczne i laboratoryjne
- Biegłość w obsłudze aparatury badawczej oraz w prowadzeniu eksperymentów w laboratorium.
  - umiejętność obsługi programów do obróbki danych (np. Origin, pakiet Microsoft Office, ImageJ)
5. Osiągnięcia: nagrody, wyróżnienia, udział w tematycznych konferencjach, publikacje w czasopismach naukowych itp.



**Międzynarodowa Środowiskowa Szkoła Doktorska**  
przy **Centrum Studiów Polarnych**  
w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach

ul. Bedzińska 60  
41-200 Sosnowiec  
tel. +48 32 368 93 80  
polarknow@us.edu.pl  
www.mssd.us.edu.pl



6. Biegła znajomość języka angielskiego (w mowie i piśmie).

**Opis zadań:**

1. Określenie warunków technologicznych i wytworzenie metodą metalurgii proszków materiałów na bazie tytanu oraz cyrkonu o różnym stopniu porowatości.
2. Określenie warunków otrzymywania powłok z polimerów naturalnych na powierzchni porowatych materiałów na bazie tytanu oraz cyrkonu z wykorzystaniem metody elektroforetycznego osadzania.
3. Formowanie powłok hybrydowych wzbogaconych w aktywne cząstki, lub leki stymulujące wzrost tkanki lub wygaszające stany zapalne oraz inne substancje wspomagające przyjęcie się wszczepu. Określenie ich wpływu na jakość otrzymywanych powłok.
4. Analiza składu fazowego i struktury otrzymanych materiałów przy użyciu dyfrakcji rentgenowskiej.
5. Charakterystyka przy użyciu metod mikroskopowych (OM, SEM) mikrostruktury próbek na poszczególnych etapach produkcji.
6. Przeprowadzenie badań trybologicznych, pomiaru chropowatości oraz ocena adhezji otrzymanych hybrydowych powłok biopolimerowych. Wyznaczenie mikrotwardości otrzymanych biomateriałów.
7. Ocena cytotoksyczności wytworzonych biomateriałów.
8. Przeprowadzenie badania biologicznych mających na celu określenie zdolności wytworzonych powłok do wspomagania proliferacji oraz kształtowania morfologii osteoblastów.
9. Ocena bakteriobójczości wytworzonych hybrydowych powłok biopolimerowych na powierzchni porowatych materiałów.
10. Określenie czasu degradacji powłok a tym samym czasu uwalniania cząstek/leków w środowisku ludzkiego ciała.
11. Analiza danych.
12. Przygotowanie publikacji naukowych i prezentacji konferencyjnych.
13. Regularne raportowanie postępów prac.



Międzynarodowa Środowiskowa Szkoła Doktorska  
przy Centrum Studiów Polarnych  
w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach

ul. Bedzińska 60  
41-200 Sosnowiec  
tel. +48 32 368 93 80  
polarknow@us.edu.pl  
www.mssd.us.edu.pl



## Streszczenie

Z roku na rok wzrasta zapotrzebowanie na nowe materiały do zastosowań w implantologii medycznej. Rozwój dzisiejszej medycyny pozwala na wydłużenie średniej długości życia człowieka co wiąże się ze zwiększeniem łamliwości kości, które wraz z wiekiem ulegają odwapnieniu oraz ze zwiększeniem ilości ubytków w uzębieniu. Ogromny postęp medycyny i implantologii pozwala obecnie na prawidłowe zespolenie złamanych kości oraz zastąpienie ich brakujących fragmentów. Należy jednak pamiętać, że każdej implantacji towarzyszy stan zapalny mogący prowadzić do odrzucenia wszczepu. Ponadto nieodpowiedni materiał, z którego wykonany jest implant może skutkować metalozą, czyli zatruciem metalem lub zanikiem tkanki okołowszczepowej. Zadaniem dzisiejszych naukowców jest opracowanie optymalnych bioaktywnych materiałów posiadających jednocześnie wysoką biogodność, a to oznacza wysoką odporność na korozję oraz odpowiednie właściwości mechaniczne. Dotychczas nie zostały opracowane materiały niemetalowe spełniające wymagane kryteria technologiczne i wytrzymałościowe, dlatego też w dalszym ciągu implanty w całości lub w części wykonane są z metali lub stopów metali. Najbardziej obiecującą grupą metalicznych materiałów implantacyjnych są materiały wykazujące właściwości osseointegracyjne jak np. tytan oraz jego stopy lub cyrkon. Modyfikacja powierzchni biomateriałów metalicznych może w znacznej mierze dodatkowo zwiększyć ich biogodność oraz bioaktywność. Zaproponowana w pracy metoda powlekania metalowego implantu, wykonanego z porowatego materiału na bazie tytanu lub cyrkonu, specjalnymi bioaktywnymi powłokami hybrydowymi na bazie polimerów naturalnych z wbudowanymi substancjami tkankotwórczymi, antybakteryjnymi i/lub przeciwzkrzepowymi wpisuje się w najnowsze trendy badawcze mające zapewnić optymalne właściwości nowych biomateriałów. Co ważne, z racji pochodzenia materiału osnowy, zaproponowane powłoki są biodegradowalne, co oznacza, że po spełnieniu swojej funkcji rozpadają się, i bioresorbowalne, czyli są wchłaniane przez organizm. Głównym celem zgłaszanego tematu jest uzyskanie oraz opracowanie sposobu osadzania powłok zwiększających biogodność oraz bioaktywność porowatych implantów na bazie tytanu lub cyrkonu. W zgłaszanej pracy na drodze metalurgii proszków otrzymane zostaną materiały na bazie tytanu oraz cyrkonu o różnym stopniu porowatości. W pracy podjęta zostanie próba elektroforetycznego osadzenia powłok z biopolimerów naturalnych na porowatym podłożu (powłoki chitozanowe, alginowe, hialuronowe), które ze względu na swoje właściwości oraz niską toksyczność dla ludzkiego ciała zwiększą biogodność i bioaktywność powierzchni



**Międzynarodowa Środowiskowa Szkoła Doktorska**  
przy **Centrum Studiów Polarnych**  
w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach

ul. Bedzińska 60  
41-200 Sosnowiec  
tel. +48 32 368 93 80  
polarknow@us.edu.pl  
www.mssd.us.edu.pl



badanego stopu. Polimery te są atrakcyjnymi materiałami, szeroko stosowanymi w inżynierii tkanki jako opatrunki, systemy stopniowo uwalniające leki do organizmu czy właśnie jako biogodne powłoki. Chitozan znany jest ze swoich właściwości antybakteryjnych oraz przeciwgrzybiczych. Ponadto obecność chitozanu promuje regenerację kości. Alginian posiada właściwości immunogenne oraz korzystnie wpływa na produkcję cytokin. Hialuronian, jako jeden ze składników macierzy pozakomórkowej, odgrywa główną rolę w każdej fazie procesu gojenia, stymulując komórkową migrację, różnicowanie oraz proliferację. W pierwszym etapie projektu zoptymalizowane zostaną warunki otrzymywania powłok o różnej strukturze, morfologii oraz grubości. Pozwoli to w późniejszych etapach projektu na formowanie, na drodze współosadzania elektroforetycznego, powłok hybrydowych wzbogaconych w nanocząstki ( $ZnO$ ,  $SnO_2$ ), leki przeciwzakrzepowe, leki wygaszające stany zapalne (heparyna, ibuprofen, chlorheksydyna) oraz substancje stymulujące wzrost tkanki (bioszkieło 45S5, ortofosforan wapnia –  $Ca_3(PO_4)_2$ ). Właściwości otrzymywanych powłok mogą być dowolnie modyfikowane w zależności od właściwości zarówno rodzaju użytej osnowy polimerowej jak i składników kompozytu. W czasie trwania prac badawczych skład fazowy oraz struktura otrzymanych powłok określone zostaną za pomocą metody rentgenowskiej analizy strukturalnej. Do oznaczenia grup funkcyjnych charakterystycznych dla osadzonych powłok zastosowane będą badania w podczerwieni z transformatą Fouriera. Analiza mikroskopowa (SEM, AFM) pozwoli określić morfologię, grubość oraz jednorodność naniesionych powłok. Przeprowadzone zostaną także badania właściwości mechanicznych i tribologicznych otrzymanych powłok mające na celu określenie ich adhezji oraz wytrzymałości na ścieranie. Przeprowadzone zostaną także badania biologiczne, które obejmować będą ocenę cytotoksyczności oraz właściwości bakteriobójczych otrzymanych powłok. Analizie poddana zostanie również kinetyka uwalniania leków zabudowanych w powłokach biopolimerowych.

#### **Inne informacje:**

Praca będzie realizowana pod opieką merytoryczną: dr hab., Grzegorz Dercz, prof. UŚ  
mail: [grzegorz.dercz@us.edu.pl](mailto:grzegorz.dercz@us.edu.pl) Instytut Inżynierii Materiałowej, Uniwersytet Śląski

Sekretarz Komisji Rekrutacyjnej MŚSD: +48 32 3689 380, e-mail: [polarknow@us.edu.pl](mailto:polarknow@us.edu.pl)

Informacje dotyczące rekrutacji do MŚSD: <https://www.mssd.us.edu.pl/rekrutacja-2024-2025-reg/>