



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: Opracowanie nowych wieloskładnikowych stopów Zr-Nb-Mo do zastosowań medycznych o podniesionej odporności na korozję wytworzone metodami metalurgii proszków oraz topienia łukowego

Wymagania wobec kandydatów:

1. Tytuł magistra inżyniera w dziedzinie inżynierii materiałowej, inżynierii biomedycznej lub pokrewnej.
2. Biegła znajomość języka angielskiego (w mowie i piśmie).
3. Bardzo dobra znajomość:
 - a. wiedzy na temat materiałów opartych na pierwiastkach biokompatybilnych, w szczególności cyrkonu i stopach cyrkonu do zastosowań medycznych,
 - b. wiedza i umiejętność syntezy metodą topienia łukowego i metalurgii proszków,
 - c. wiedza i umiejętność planowania i przeprowadzania eksperymentów na materiałach na bazie cyrkonu,
 - d. znajomość technik badania mikrostruktury i składu fazowego materiałów, takich jak dyfrakcja rentgenowska, skaningowa mikroskopia elektronowa, mikroskopia optyczna,
 - e. znajomość technik badania właściwości mechanicznych materiału, mikrotwardość, zredukowany moduł Younga itp.,
4. Osiągnięcia: nagrody, wyróżnienia, udział w tematycznych konferencjach, publikacje w czasopismach naukowych itp.

Opis zadań:

1. Określenie warunków technologicznych i wytworzenie stopów Zr-Nb-Mo za pomocą topienia łukowego.
2. Zbadanie wpływu składu chemicznego i parametrów procesu otrzymywania na możliwość otrzymywania litych stopów metalicznych.
3. Analiza składu fazowego i struktury otrzymanych materiałów przy użyciu dyfrakcji rentgenowskiej.
4. Charakterystyka przy użyciu metod mikroskopowych (OM, SEM) mikrostruktury próbek na poszczególnych etapach produkcji.



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



5. Analiza składu fazowego i struktury atomowej przeprowadzona przy użyciu transmisyjnej mikroskopii elektronowej.
6. Badanie własności mechanicznych (np. statyczna próba ściskania) otrzymanych próbek makro, a także w mikro i nanoobszarach (np. nanoindentacja). Porównanie własności mechanicznych otrzymanych materiałów.
7. Charakterystyka elektrochemiczna otrzymanych materiałów z zastosowaniem elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej w symulowanych roztworach fizjologicznych (np. Roztwór Tyrode'a, roztwór Ringera, sztuczna ślina).
8. Charakterystyka osteokonduktywa oraz cytotoksyczna próbek. Analiza biologiczna określająca zdolność wytworzonych powłok do rozrostu i morfologii osteoblastów
9. Analiza danych.
10. Przygotowanie publikacji naukowych i prezentacji konferencyjnych.
11. Regularne raportowanie postępów prac.

Streszczenie

Stale zwiększające się zapotrzebowanie na nowe rozwiązania medyczne, stawia wyzwania naukom inżynieryjnym w zakresie badań nad innowacyjnymi materiałami. Światowy rynek implantów dentystycznych i ortopedycznych cechuje się tendencją wzrostową, zarówno dla medycyny ludzkiej, jak i weterynaryjnej. Jednak stosowane obecnie biomateriały metaliczne wciąż charakteryzują dwa główne ograniczenia: potencjalnie szkodliwe produkty powstałe wskutek ich zużycia oraz nieodpowiednia biomechanika względem kości. Związane z tym ryzyko wystąpienia niepożądanych jednostek chorobowych, tj. metaloza czy osteopenia, promuje dalsze badania nad metalami o potencjalnie lepszych właściwościach, dodatkowo cechujących się bioaktywnością, która wspomaga integrację implantu z otaczającymi tkankami. Współpracy inżynierii materiałowej i medycyny przyświeca zatem wspólny zamysł – poprawa jakości życia pacjentów.

Głównym celem pracy doktorskiej jest wytworzenie innowacyjnych stopów z układu Zr-Nb-Mo do zastosowań medycznych, w procesie łączącym metody metalurgii proszków oraz topienia łukowego. Zaprojektowane nowe stopy powinny charakteryzować się podniesioną odpornością korozyjną i zoptymalizowanymi parametrami mechanicznymi, możliwie blisko w odniesieniu do wymagań stawianych innowacyjnym biomateriałom do zastosowań



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



ortopedycznych i dentystycznych. Przeprowadzone badania pozwolą na określenie wpływu zmiennej zawartości poszczególnych pierwiastków oraz zastosowanych procesów technologicznych na strukturę, właściwości fizyko-chemiczne, mechaniczne, trybologiczne oraz korozyjne otrzymanych stopów. Takie podejście bezpośrednio przekłada się na możliwości ich dalszej modyfikacji, zarówno materiałowej, jak i powierzchniowej, a także obróbki cieplnej i/lub cieplno-mechanicznej do potencjalnego wykorzystania w przemyśle medycznym. Co istotne, zaplanowane w projekcie materiały należą do nowej beztytanowej grupy tworzyw metalicznych do potencjalnego zastosowania także w medycynie personalizowanej.

Na podstawie przeglądu literaturowego wykazać można, iż proponowane stopy są nowością, a materiały oparte na cyrkonie charakteryzuje szereg interesujących właściwości, świadczących o ich wysokim potencjale aplikacyjnym. Prowadzone badania pokazują, iż Zr, Nb i Mo są nietoksyczne i nie wykazują szkodliwego wpływu na ludzki organizm. Należy podkreślić także interesujące właściwości biologiczne, bioaktywność oraz wysoką odporność korozyjną tlenków opartych o pierwiastki zawarte w substracie w szczególności o Zr oraz Nb. Realizacja proponowanego pracy doktorskiej powinna zatem dać bazę do dalszych badań nad wytwarzaniem inertnych biologicznie powłok na substracie metalicznym złożonym z Zr, Nb oraz Mo.

Planowany zakres badań podstawowych w ramach pracy doktorskiej obejmie szeroko pojętą wstępną charakterystykę uzyskanych stopów, z uwzględnieniem ich składu chemicznego, metod otrzymywania i dalszej obróbki. Badania obejmą analizę mikrostruktury z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Techniki dyfrakcji rentgenowskiej (XRD) posłużą do badań jakościowego i ilościowego składu fazowego stopów. Planuje się także ocenę realnej struktury atomowej korzystając z transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM). W celu analizy składu chemicznego i rozmieszczenia pierwiastków na badanym obszarze materiału, wykorzystane będą metody spektroskopii dyspersji energii – SEM-EDS oraz TEM-EDS. Charakterystyce podlegać będą również parametry mechaniczne otrzymanych stopów. W zakresie planowanych badań znajduje się także ocena ich teoretycznego zużycia, której posłużą badania odporności na korozję, a także badania trybologiczne. Planuje się również przeprowadzenie badań biologicznych.

Oczekiwanym efektem pracy doktorskiej jest otrzymanie nowych materiałów, charakteryzujących się podniesioną odpornością korozyjną i wysokimi parametrami



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



mechanicznymi, posługując się metodami metalurgii proszków i topienia łukowego, a także procesami obróbki cieplnej. Oczekuje się, że na podstawie uzyskanych wyników wyodrębnione zostaną materiały o najwyższym potencjale aplikacyjnym dla przemysłu medycznego, promujące dalsze wprowadzanie modyfikacji, celem otrzymania biomateriału o najlepszej jakości. Powstałe w wyniku realizacji pracy doktorskiej wnioski zawierać będą zestawienie struktur oraz ww. właściwości w zakresie różnych składów chemicznych przygotowanych stopów przy użyciu metalurgii proszków oraz topienia łukowego, w wyniku czego możliwe będzie przygotowanie katalogu stopów opartych na Zr, Nb oraz Mo.

Inne informacje:

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

Sekretarz Komisji Rekrutacyjnej MŚSD: +48 32 3689 380, e-mail: polarknow@us.edu.pl
Informacje dotyczące rekrutacji do MŚSD: <https://www.mssd.us.edu.pl/rekrutacja-2024-2025-reg/>