

**Karta zgłoszenia tematyki badawczej
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
dla kandydatów do Szkoły Doktorskiej
w roku akademickim 2023/2024**

Proponowana tematyka doktoratu
Nowe powłoki polepszające właściwości tribologiczne i odporność korozyjną stopów metali do zastosowań medycznych
Dyscyplina naukowa (<i>niewłaściwe skreślić</i>)
AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA, ELEKTROTECHNIKA I TECHNOLOGIE KOSMICZNE INŻYNIERIA LĄDOWA, GEODEZJA I TRANSPORT INŻYNIERIA MECHANICZNA
Proponowany promotor
prof. dr hab. inż. Witold Gulbiński Wydział Mechaniczny; Katedra Fizyki Technicznej i Nanotechnologii ul. Śniadeckich 2; budynek H; pokój 106-11H e-mail: witold.gulbinski@tu.koszalin.pl; tel.: 94 34 86 622

Krótki opis tematyki badawczej ze wskazaniem problematyki naukowej (max. 350 słów)
<p>Celem proponowanej pracy jest określenie wpływu próżniowo-plazmowej obróbki powierzchniowej wybranych stopów do zastosowań medycznych, na ich właściwości mechaniczne, tribologiczne oraz odporność korozyjną w środowisku płynów ustrojowych. Obiektami zainteresowania, są materiały stosowane obecnie do wytwarzania implantów stomatologicznych. Do badań wybrano dostępne na rynku stale medyczne (np. stal austenityczną 316L) oraz stopy na bazie kobaltu (np. CoCrMo: F 75; ISO 5832-4). Materiały te wykazują wysoką biotolerancję i dobre właściwości fizykochemiczne dzięki zdolności do pasywacji, tj. tworzenia uszczelniającej warstwy tlenkowej [1]. Jednak, w warunkach dynamicznych elementy/implanty narażone są na procesy zmęzeniowe i zużycie tribokorozyjne prowadzące do uszkodzenia warstwy pasywnej, co ogranicza ich trwałość [2].</p> <p>Poprawę trwałości stopów medycznych uzyskuje się poprzez modyfikację ich powierzchni (obróbkę powierzchniową). Wśród stosowanych obecnie rozwiązań wyróżnić można niskotemperaturowe plazmowe nawęglanie [3] oraz nanoszenie powłok ochronnych [4].</p> <p>W ramach niniejszej pracy wybrane materiały (stal 316L i stop CoCrMo) pokrywane będą odpowiednio powłokami typu FeCrNiC/a-C oraz CoCrMoC/a-C o różnej zawartości węgla, w tym węgla amorficznego (a-C). Procesy syntezy/osadzania wymienionych powyżej powłok prowadzone będą metodą impulsowego rozpylania magnetronowego dużej mocy – HiPIMS (z ang. <i>High Power Impulse Magnetron Sputtering</i>). Metoda ta gwarantuje uzyskanie depozytu węglowego wolnego od</p>

związanego wodoru, którego obecność mogłaby wpływać na właściwości fizykochemiczne badanych powierzchni.

Planowane badania mają na celu określenie:

- właściwości mechanicznych i trybologicznych układów stop/powłoka (mikrotwardość, adhezja powłok, odporność na pękanie, współczynnik tarcia suchego względem wybranych przeciwpróbek),
- wpływu obróbki powierzchniowej (nakładania powłok ochronnych) na właściwości fizykochemiczne (kąąt zwilżania, energia powierzchniowa) oraz odporność korozyjną i tribokorozyjną tych materiałów w środowisku wybranych syntetycznych płynów ustrojowych. Ocena odporności korozyjnej dokonywana będzie z wykorzystaniem elektrochemicznych metod polaryzacyjnych i elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej.

Podczas badań tribokorozyjnych, przewiduje się jednoczesną rejestrację parametrów elektrochemicznych oraz współczynnika tarcia.

Planowane dodatkowo badania strukturalne i obserwacje mikroskopowe zmodyfikowanych biomateriałów ułatwią interpretację wyników badań korozyjnych i tribokorozyjnych.

Wykaz literatury:

- [1] E.R. Axente *et al.*, Tribology International 174 (2022) 107769.
- [2] S. Saha *et al.*, Wear 523 (2023) 204755.
- [3] C. Liu *et al.*, Electrochimica Acta 241 (2017) 331-340.
- [4] E. Dobruchowska *et al.*, Surface and Coatings Technology 460 (2023) 129398.

Uzasadnienie celowości podjęcia tematyki badawczej (max. 150 słów)

Proponowana tematyka dotyczy szerokiego nurtu badań nad nanokompozytami składającymi się z wydzieleni metali/węglików metali przejściowych w osnowie amorficznego węgla. W tym obszarze, nowe zagadnienie stanowią powłoki zawierające jednocześnie pierwiastki o silnym (np. Cr, Mo) i słabym (np. Fe, Co, Ni) powinowactwie do węgla, otrzymywane metodą HiPIMS. Zakłada się, że opracowane procedury syntezy warstw FeCrNiC/a-C i CoCrMoC/a-C oraz rezultaty przeprowadzonych badań stanowiąc będą podstawę naukową do projektowania i wytwarzania powłok podwyższających odporność korozyjną stopów medycznych z jednoczesnym zachowaniem wymagań mechanicznych i trybologicznych stawianych tym biomateriałom. Perspektywicznie, uzyskane wyniki powinny okazać się pomocne w prognozowaniu trwałości implantów ortodontycznych.

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

1. Właściwości tribologiczne i odporność korozyjna nanokompozytowych powłok FeCrNiC/a-C osadzonych metodą impulsowego rozpylania magnetronowego (HiPIMS) na stalach medycznych.
2. Właściwości tribologiczne i odporność korozyjna nanokompozytowych powłok CoCrMoC/a-C osadzonych metodą impulsowego rozpylania magnetronowego (HiPIMS) na medycznych stopach kobaltu.

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

Projekt wewnętrzny PK

Potwierdzenie możliwości zapewnienia dostępu do aparatury naukowej oraz oprogramowania niezbędnego do realizacji proponowanej tematyki badawczej (*niewłaściwe 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

Dostęp do transmisyjnego mikroskopu elektronowego o wysokiej rozdzielczości (HRTEM), spektrometru elektronowego XPS oraz goniometru umożliwiającego pomiaru dynamicznego kąta zwilżania będzie zapewniony przez wymienione poniżej jednostki w ramach współpracy naukowej:

1. Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego Polskiej Akademii Nauk,
2. Linköping University, Thin Films Group at the Department of Physics, Chemistry and Biology, Sweden,
3. Uniwersytet Gdański, Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki, Instytut Fizyki Doświadczalnej, Zakład Fizykochemii Powierzchni i Zjawisk Międzyfazowych.

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. T. Suszko, W. Gulbiński, J. Morgiel, G. Greczynski, E. Dobruchowska, P. Dłużewski, J. Lu, L. Hultman, Amorphous FeCrNi/a-C:H coatings with self-organised nanotubular structure, Scripta Materialia 136 (2017) 24-28/IF 6,0/140p.
2. T. Suszko, W. Gulbiński, E. Dobruchowska, G. Greczynski, L. Hultman, J. Morgiel, Quasi-amorphous, nanostructural CoCrMoC/a-C:H coatings deposited by reactive magnetron sputtering, Surface and Coatings Technology 378 (2019) 124919/IF: 5,4/100p.
3. T. Suszko, W. Gulbiński, K. Załęski, G. Greczynski, J. Morgiel, V. Lapitskaya, Nanocolumnar, self-organised NiCrC/a-C:H thin films deposited by magnetron sputtering, Applied Surface Science 591 (2022) 153134/IF: 6,7/140p.
4. E. Dobruchowska, T. Suszko, G. Greczynski, D. Adamczewska, W. Gulbiński, Amorphous/quasi-amorphous CoCrMo-C coatings for improved electrochemical properties and tribocorrosion resistance of biomedical alloys, Surface and Coatings Technology, 460 (2023) 129398/IF: 5,4/100p.

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

Nowe, zaawansowane kompozytowe powłoki przeciwzuzyciowe na stali austenitycznej – projekt finansowany przez Narodowe Centrum Nauki w ramach konkursu OPUS, nr UMO-2011/03/B/ST8/06130 (2012-2015) – koordynator projektu.

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

1. CENTRUM badawczo-wdrożeniowe inżynierii powierzchni, projektowania i symulacji procesów oraz badań wibroakustycznych, Urząd Marszałkowski Województwa Zachodniopomorskiego, 2018-2019.
2. Usługa badawcza pt. „Opracowanie i wytworzenie powłok przeciwzuzyciowych na narzędziach trzpieniowych”, w ramach Projektu B+R przedsiębiorstwa FANAR S.A. Ciechanów nr POIR.01.01.01-00-0531/15-00 pt. „Opracowanie narzędzi i mikronarzędzi trzpieniowych ze szczególnym uwzględnieniem pokryć PVD nanostrukturalnych”. Projekt realizowany w ramach Działania 1.1 Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, instytucja finansująca: NCBiR, okres realizacji: 15.01.2016 – 31.07.2018.

3. Usługa badawcza pt. „Projektowanie procesów osadzania oraz badania właściwości powłok na narzędzia do materiałów trudnoobrabialnych”, w ramach Projektu B+R przedsiębiorstwa FANAR S.A. Ciechanów nr POIR.01.01.01-00-0274/17 pt. „Opracowanie typoszeregu gwintowników i wiertel pokrywanych powłokami nanostrukturalnymi do pracy z materiałami trudnoobrabialnymi”. Projekt realizowany w ramach Działania 1.1 Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, instytucja finansująca: NCBiR, okres realizacji: 01.01.2018 – 30.06.2020.