

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

Proponowana tematyka doktoratu
<b>Badania właściwości mechanicznych i tribologicznych powierzchni narzędzi, części maszyn i biomateriałów ze stali nierdzewnych z powłokami wytworzonymi technikami PVD</b>
Dyscyplina naukowa ( <i>*niewłaściwe skreślić</i> )
<del>AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA, ELEKTROTECHNIKA I TECHNOLOGIE KOSMICZNE</del> <del>INŻYNIERIA ŁĄDOWA, GEODEZJA I TRANSPORT</del> INŻYNIERIA MECHANICZNA
Proponowany promotor
dr hab. inż. Mieczysław Pancielejko, prof. PK Wydział Mechaniczny; Katedra Fizyki Technicznej i Nanotechnologii ul. Śniadeckich 2; budynek H; pokój 106-9 e-mail: mieczyslaw.pancielejko@tu.koszalin.pl ; tel. : +48 94 34 86 637

Krótki opis tematyki badawczej ze wskazaniem problematyki naukowej (max. 350 słów)
<p>Stale nierdzewne szeroko stosowane są na narzędzia tnące, narzędzia do obróbki skrawaniem, narzędzia pomiarowe, elementy łożysk tocznych, sprężyny, części narażone na ścieranie oraz narzędzia chirurgiczne [1]. W przypadku narzędzi wymagania dotyczą z reguły dużej sprężystości, wytrzymałości, sztywności, ostrości krawędzi tnących, wysokiej odporności na zużycie oraz dobrej odporności na korozję. Stale nierdzewne martenzytyczne wykazują umiarkowaną odporność na korozję w porównaniu ze stalami austenitycznymi. Warstwy pasywne na tych stalach są szczególnie podatne na niszczenie w roztworach wodnych chlorków, które powodować mogą uszkodzenia powierzchni w postaci korozji wżerowej i naprężeniowej. Ze względu na niską twardość oraz słabe właściwości tribologiczne stale nierdzewne austenityczne mają ograniczone zastosowanie w warunkach intensywnego zużycia poprzez tarcie.</p> <p>W ostatnich kilkadziesiąt latach nastąpił znaczny postęp w inżynierii powierzchni materiałów, w tym również technologii wytwarzania powłok metodami CVD (Chemical Vapour Deposition – chemiczne osadzanie z fazy gazowej) i PVD (Physical Vapour Deposition – fizyczne osadzanie z fazy gazowej). Stosowanie powłok jednowarstwowych lub jednofazowych często już nie zapewnia w wystarczającym stopniu wymagań związanych z trwałością i niezawodnością części maszyn, narzędzi, czy biomateriałów. Dlatego opracowywane są obecnie technologie wytwarzania powłok wieloskładnikowych o budowie wielowarstwowej, gradientowej lub nanostrukturalnej. Powłoki przeciwzużyciowe, aby spełniały swoje zadanie, powinny posiadać odpowiednio dobrany szereg parametrów m.in. skład chemiczny i fazowy, strukturę, grubość, gładkość powierzchni, twardość, niski współczynnik tarcia, a przede wszystkim wykazywać dobrą adhezję do materiału podłoża. Spośród technik PVD stosowanych do modyfikacji powierzchni wyrobów najczęściej</p>

stosowana jest technika odparowania łukowego lub reaktywnego rozpylania magnetronowe, które zwykle wymagają podgrzewania pokrywanych podłoży, co stanowi ograniczenie związane z ryzykiem odpuszczenia stali. Przykładem technik, które mogą zapewnić niską temperaturę osadzania z jednocześnie wysoką jonizacją plazmy w trakcie procesu może być technika rozpylania magnetronowego (HIPMS) lub katodowego odparowania łukowego z dodatkowymi impulsami prądowymi.

W laboratoriach technologicznych Wydziału Mechanicznego istnieje możliwość opracowania i wytwarzania powłok kilkoma technikami PVD. Dostępne są też urządzenia i zaawansowana aparatura badawcza pozwalająca na analizy składu chemicznego i fazowego oraz na charakterystykę właściwości mechanicznych, tribologicznych i korozyjnych.

1. Ram Subbiah et al., Materials Today Proceedings 2019, Volume 18, Part 7, pp. 2802-2805 (<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.146>)

#### Uzasadnienie celowości podjęcia tematyki badawczej (max. 150 słów)

Zaprojektowanie oraz wytworzenie, metodami PVD, powłok węglowych lub na bazie węglików, węglazotków metali przejściowych na stalach nierdzewnych, które zastosowane mogą być na narzędzia stosowane w przemyśle papierniczym, narzędzia do obróbki polimerów oraz kompozytów lub narzędzia i instrumentarium medyczne. Powłoki wykazywać powinny szczególne właściwości - przede wszystkim dobrą adhezję do podłoża, odporność na pękanie, odporność na zużycie cierne oraz dobrą odporność korozyjną w środowisku ich eksploatacji. Pożądana modyfikacja powierzchni stali nierdzewnych uzyskana będzie poprzez wytworzenie powłok techniką katodowego odparowania łukowego z dodatkowymi impulsami prądowymi i/lub techniką reaktywnego rozpylania magnetronowego. Techniki te charakteryzują się relatywnie niską temperaturą podczas procesów technologicznych, co pozwolić może na wytwarzanie powłok na stalach nierdzewnych bez obawy o zmianę ich struktury i właściwości w wyniku odpuszczenia.

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

1. Wpływ parametrów wytwarzania techniką reaktywnego rozpylania magnetronowego na właściwości tribologiczne powłok węglików i węglazotków metali wytworzonych na podłożach ze stali austenitycznej odpornej na korozję
2. Właściwości tribologiczne i odporność korozyjna stali medycznej o strukturze martenzytycznej z powłokami węglowymi wytworzonymi metodą katodowego odparowania łukowego w aspekcie zastosowań na narzędzia i instrumentarium chirurgiczne.

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

1. Opracowanie technologii wytwarzania powłok na bazie cyrkonu na narzędziach ze stopu Ni-Ti oraz ich badania eksploatacyjne. Projekt Politechniki Koszalińskiej finansowany z subwencji dla dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, Koszalin 2023r. (kierownik projektu).
2. Projektowanie przeciwzużyciowych powłok ZrNC dla stopów NiTi wytwarzanych techniką druku 3D. Projekt Politechniki Koszalińskiej finansowany z subwencji dla dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, Koszalin 2023r. (wykonawca).

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

~~W PEŁNI~~ / CZEŚCIOWO / ~~BRAK~~ \*

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

Mikroskop elektronowy transmisyjny (HR-TEM), spektrometr elektronowy (XPS) – złożenie projektu NCN PRELUDIUM oraz współpraca naukowa z innymi ośrodkami.

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 MNiSW)

1. Lukaszewicz K., Sondor J., Paradecka A., Pawlyta M., Chmiela B., Pancielejko M., Szczucka-Lasota B., Węgrzyn T., Tański T., Structure and Tribological Properties of AlCrN + CrCN Coating. *Coatings* 10 (2020) 1084. (<https://www.mdpi.com/2079-6412/10/11/1084>) – IF = 2,881, lista MNiSW = 100 pkt.
2. Węgrzyk S., Herman D., Pancielejko M., High-strength glass-ceramic from ZABS system modified with transition metal oxide, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 582 (2022) 121443. (<https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2022.121443>) – IF5 = 3,78, lista MNiSW = 70 pkt
3. Ratajski J., Bałasz B., Mydlowska K., Pancielejko M., Laskowska D., Szparaga Ł., Phase transformations in Ni-rich additively manufactured NiTi alloys, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Phase transformations in Ni-rich additively manufactured NiTi alloys, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 121/1 (2023) 118-130. DOI: <https://doi.org/10.5604/0.3001.0054.3215> ) – IF = brak, lista MNiSW = 140 pkt.

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

"*IMSKA-MAT Innowacyjne implanto-skafoldy stomatologiczne i szczękowo-twarzowe wytwarzane z wykorzystaniem innowacyjnej technologii addytywnej wspomaganej komputerowym projektowaniem materiałowym ADD-MAT*" - Projekt POIR.01.01.00-0397/16-00 współfinansowany ze środków Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój Unii Europejskiej, realizowany w latach 2017-2021 w Centrum Projektowo-Badawczo-Produkcyjnym Inżynierii Medycznej i Stomatologicznej Asklepios sp. zoo w Gliwicach. (Wykonawca).

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

Pancielejko M. - projekt pt.: „Badania mikrostruktury z 6 obszarów uszkodzeń kolana żeliwnego oraz opracowanie raportu z badań” - zrealizowany na zamówienie Forum Koszalin Sp. z o.o., ul. Przeskok 2, 00-032 Warszawa. Okres realizacji 29.03-02.04.2021r. Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska. Kierownik projektu.