

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

Proponowana tematyka doktoratu
Badanie właściwości funkcjonalnych stopów z pamięcią kształtu
Dyscyplina naukowa (<i>niewłaściwe skreślić</i>)
AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA, ELEKTROTECHNIKA I TECHNOLOGIE KOSMICZNE INŻYNIERIA LĄDOWA, GEODEZJA I TRANSPORT INŻYNIERIA MECHANICZNA
Proponowany promotor
prof. dr hab. Jerzy Ratajski Wydział Mechaniczny; Katedra Inżynierii Biomedycznej ul. Śniadeckich 2; budynek H; pokój 103 e-mail: jerzy.ratajski@tu.koszalin.pl ; tel.: 94 34 86 611

Krótki opis tematyki badawczej ze wskazaniem problematyki naukowej (max. 350 słów)
Interesującym, stosunkowo nowym obszarem badawczym, skupiającym uwagę naukowców i inżynierów są tzw. materiały „inteligentne”. Cechą odróżniającą materiały „inteligentne” od „zwykłych” materiałów jest to, że posiadają one zdolność do aktywnego adoptowania się do zmieniających się warunków otoczenia. Aby taka adaptacja była możliwa materiał „inteligentny” musi posiadać jednocześnie szereg korespondujących z sobą właściwości funkcjonalnych. Główną z nich jest zdolność do wykonania określonej reakcji na bodźce zewnętrzne, na przykład na zmianę temperatury. Reakcje materiału „inteligentnego” polegają na zmianie jego struktury wewnętrznej oraz charakterystyk funkcjonalnych, wskutek zmiany określonych warunków zewnętrznych. Wśród materiałów „inteligentnych” stopy NiTi), uważane są za jedne z najbardziej obiecujących. Nazwa tej grupy materiałów pochodzi od ich niezwykłego zachowania, w porównaniu do innych materiałów metalicznych, a mianowicie zjawiska pamięci kształtu (SMA, ang. Shape Memory Alloys) oraz efektu nadspężystości, za które odpowiedzialna jest termosprężysta przemiana martenzytyczna. Cechą charakterystyczną stopu NiTi jest jego wrażliwość na zawartość niklu i tytanu. Nawet niewielka fluktuacja w składzie stopu o 0,1 at.% może znacząco zmienić temperaturę początku i końca przemian fazowych, co z kolei determinuje możliwości zastosowania Nitinolu w różnych zaawansowanych konstrukcjach w wielu gałęziach przemysłu oraz w biomedycynie. Innymi słowy, kontrolując skład stopu i jego mikrostrukturę, można wykorzystać jego cechy funkcjonalne, takie jak efekt pamięci kształtu połączony z supersprężystością, do różnych zastosowań. Jedną z możliwości wpływania na

skład chemiczny stopu, a przez to wpływania na jego cechy funkcjonalne jest zastosowanie odpowiedniej obróbki cieplnej po procesie, znaną jako "post-processing". Obróbka powoduje wydzielanie faz wtórnych wzbogaconych w nikiel, takich jak Ni_4Ti_3 , a przez zubożenie jego zawartości w matrycy stopu.

Jednakże, obok szerokiego spektrum możliwości zastosowań stopu NiTi, wynikającą z jego unikatowych cech funkcjonalnych, stop ten charakteryzuje się zasadniczą wadą w perspektywie zastosowań medycznych związaną z dyfuzją rakotwórczego Ni do organizmu ludzkiego. Stąd w kontekście tych zastosowań podejmowane są działania zmierzające do modyfikacji powierzchni elementów wykonanych ze stopu NiTi, przeciwdziałające temu zjawisku. Wśród tych działań badawczych ważną rozwijaną koncepcją jest pokrywanie elementów wykonanych ze stopu NiTi cienką, nie przekraczającą $1\text{ }\mu\text{m}$, powłoką na bazie węglików i azotków metali przejściowych, techniką fizycznego osadzania z fazy gazowej.

Jednakże stan zaawansowania wiedzy na ten temat jest w dalszym ciągu w fazie embrionalnej i wymaga dalszych intensywnych badań w celu pełniejszego wykorzystania charakterystycznych właściwości stopu Ni-Ti.

Uzasadnienie celowości podjęcia tematyki badawczej (max. 150 słów)

Celami naukowymi w ramach tej tematyki badawczej jest:

- dobór wyjściowego składu stopu NiTi oraz jego odpowiedniej obróbki po procesie, zapewniającej właściwe zakresy temperatur przemian fazowych, determinujące określone, zaawansowane zastosowania.
- zastosowanie koncepcji inżynierii naprężeń do projektowania powłok gradientowych $Me(C,N)$ o właściwościach niezbędnych do osadzania na stopach NiTi z pamięcią kształtu, w zastosowaniach w inżynierii stomatologicznej oraz na długoterminowe implanty ortopedyczne.

Uzasadnienie celowości podjęcia się tej tematyki badawczej jest wielorakie. W obszarze badawczym związanym z efektywną kontrolą składu chemicznego stopu dążyć się będzie do optymalizacji unikatowych cech funkcjonalnych stopu NiTi w zakresie temperatur, właściwych dla danych, zaawansowanych zastosowań.

W obszarze badawczym dotyczącym pokrywania elementów ze stopu NiTi powłokami węglików i azotków metali przejściowych, wykorzystując koncepcję inżynierii naprężeń oraz zaawansowane techniki osadzania powłok, zmierzać się będzie do takiego ich zaprojektowania, aby mogły być odporne na rekonfigurację strukturalną stopu NiTi, związaną ze zjawiskiem pamięci kształtu.

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

1. Właściwości powłok z węgloazotków metali przejściowych osadzanych na stopie NiTi z pamięcią kształtu.
2. Kształtowanie właściwości funkcjonalnych stopu NiTi.

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

Finansowanie tematyki badawczej w ramach subwencji.

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

Istnieje dostęp do aparatury badawczej zapewniającej realizację przedstawionej tematyki badawczej.

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

-

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] Dobrzański, L.A.; Dobrzański, L.B.; Dobrzańska-Danikiewicz, A.D.; Dobrzańska, J.; Nitinol Type Alloys General Characteristics and Applications in Endodontics, Processes 2022, 10, 101.
- [2] Feng, B., Kong, X., Hao, S., Liu, Y., Yang, Y., Yang, H., Guo, F., Jiang, D., Wang, T., Ren, Y., Cui, L., In-situ synchrotron high energy X-ray diffraction study of micro-mechanical behaviour of R phase reorientation in nanocrystalline NiTi alloy, Acta Materialia 194 (2020) 565-576. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2020.05.004>
- [3] Cao, Y., Zhou, X., Cong, D., Zheng, H., Cao, Y., Nie, Z., Chen, Z., Li, S., Xu, N., Gao, Z., Cai, W., Wang, Y., Large tunable elastocaloric effect in additively manufactured Ni–Ti shape memory alloys, Acta Materialia 194 (2020) 178-189. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2020.04.007>
- [4] Chekotu, J. C., Goodall, R., Kinahan, D., Brabazon, D., Control of Ni-Ti phase structure, solid-state transformation temperatures and enthalpies via control of L-PBF process parameters, Materials & Design 218 (2022) 110715. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022.110715>
- [5] Farber, E., Zhu, J. N., Popovich, A., Popovich, V., A review of NiTi shape memory alloy as a smart material produced by additive manufacturing, Materials Today: Proceedings 30 (2020) 761-767. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.563>

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

Grant NCN Opus: Optymalizacja wielokryterialna powłok gradientowych ze względu na właściwości przeciwwzrostowe. (2017 – 2019)

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

-