

mgr inż. Izabela Matuła  
Instytut Inżynierii Materiałowej,  
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych,  
Uniwersytet Śląski

## Streszczenie

Od lat obserwowany jest wzrost zapotrzebowania na długoterminowe implanty kostne i dentystyczne, niestety równocześnie obserwowany jest wysoki odsetek przedwczesnych reimplantacji. Pomimo wysiłków naukowców, medyków oraz firm medycznych nie ma idealnego implantu ani materiału. Poważnym problemem aktualnie stosowanych długoterminowych implantów kostnych jest niedopasowanie własności mechanicznych materiału do własności kości ludzkiej.

Dlatego zdecydowałam się w swojej pracy badawczej na holistyczne podejście do projektowania długoterminowych implantów kostnych uwzględniające: zarówno strukturę, skład chemiczny, własności mechaniczne i szereg innych wymagań stawianych materiałom do potencjalnych aplikacji medycznych, jak również projektując konstrukcję całego elementu. Głównym celem niniejszej rozprawy doktorskiej było opracowanie i wytworzenie metodą metalurgii proszków porowatych funkcjonalnych materiałów gradientowych na bazie tytanu z pierwiastkami witalnymi do potencjalnego zastosowania w medycynie na długoterminowe implanty kostne.

W wprowadzeniu teoretycznym zostały przedstawione informacje dotyczące materiałów metalicznych na długoterminowe implanty kostne, ze szczególnym naciskiem na materiały na bazie tytanu. Dokonano również przeglądu literatury w odniesieniu do metalicznych, porowatych materiałów i ich pozytywnych cechach w odniesieniu do potencjalnego zastosowania w medycynie. W dalszej części przeglądu literaturowego przedstawiono funkcjonalne materiały gradientowe.

Podstawą wytwarzania materiału było opracowanie technologii wytwarzania odpowiednio aglomerowanych cząstek i syntezy materiału metodą metalurgii proszków, a także określenie wpływu parametrów procesu metalurgii proszków na rozmiar i kształt cząstek proszków oraz ich rozmieszczenie w kontekście utworzenia porów w materiale. Został wytworzony i szeroko scharakteryzowany stop o kompozycji Ti-35Zr (% wag.) w odniesieniu do zastosowanego zmiennego ciśnienia izostatycznego prasowania. Wyznaczono wartość graniczną ciśnienia prasowania, które powoduje rozdrobnienie ziarna,

zmianę porowatości, a poprzez to zmianę własności mechanicznych. Metodę mechanicznej syntezy wykorzystano do wytworzenia stopu na bazie tytanu z pierwiastkami witalnymi o kompozycji Ti-26Nb-6Mo-1,5Sn (% at.). W tym przypadku przeprowadzono analizę wpływu czasu mielenia na strukturę, mikrostrukturę, porowatość i podstawowe własności mechaniczne. Otrzymane materiały wykazały korzystne wartości modułu Younga w nanoskali oraz własności tribologiczne. Dokładne opracowanie metody kontroli wielkości porów umożliwia personalizację implantów dla pacjentów uwzględniające np. osteoporozę. Nowatorskim podejściem było zastosowanie dodatku biozgodnej cyny jako czynnika kontrolującego proces mielenia pozwalający na regulację wielkości cząstek proszku, poprawę uzysku materiału oraz jego homogenizację, a jednocześnie nie wpływa negatywnie na uzyskany materiał. Syntezę w tym przypadku prowadzono w procesie wysokoenergetycznego mielenia z zastosowaniem zmiennego czasu mielenia przy stałych pozostałych parametrach procesu dla kompozycji Ti-10Ta-8Mo(-3Sn) (% wag.).

Wszystkie etapy badań skutkowały możliwością wytworzenia materiału skonstruowanego z różnych materiałów zarówno w zakresie składu chemicznego i fazowego, jak i zróżnicowanej porowatości rozmieszczonej z zachowaniem gradientu czyli tworzących Funkcjonalne Materiały Gradientowe. Na podstawie proszków poddanych aglomeracji lub mieszanii w młynku planetarno-kulowym został stworzony element zbudowany z trzech stref, ułożonych koncentrycznie. Obserwacje mikroskopowe potwierdziły, że poszczególne strefy są stabilnie połączone, a między nimi zaobserwowano stopniową, gradientową zmianę składu chemicznego oraz mikrostruktury. Dodatkowo badania odporności korozyjnej sugerują możliwość potencjalnego zastosowania do rekonstrukcji kości. Został również uzyskany element o budowie gradientowej otrzymany na bazie stopów Ti-25Nb-5Zr-(2Sn) (% wag.) otrzymanych metodą metalurgii proszków. Separacja siewna pozwoliła na lepszą kontrolę porowatości poszczególnych strefach oraz uzyskanie w strefie zewnętrznej bardzo dużego udziału porów, których przekrój poprzeczny osiąga wartość powyżej  $500 \mu\text{m}^2$ . Rozpoznanie wpływu poszczególnych obszarów pozwoliło na kompleksowe określenie możliwości projektowania implantów o ściśle określonych własnościach mechanicznych dopasowanych do kości pacjentów, gdzie każda strefa materiałowa może odpowiadać na różne potrzeby pacjenta.