

Innowacyjne i funkcjonalne biomateriały kompozytowe oraz gradientowe zbrojone mikrocząstkami typu core-shell: wytwarzanie, struktura i właściwości

Dane statystyczne wskazują na dramatyczny wzrost zapotrzebowania na implanty długoterminowe. W 2007 r. przeprowadzono ponad milion operacji wymiany protez stawu biodrowego. Ponadto zgłoszono również, że 10-15% zabiegów implantacji nie powiodło się w ciągu pierwszych 10 lat. Amerykańskie Towarzystwo Stomatologiczne wskazuje, że 113 milionów dorosłych z Ameryki Północnej straciło co najmniej jeden ząb. Sytuacja ta prowadzi do wzmożonych wysiłków lekarzy i naukowców na rzecz stworzenia biomateriału o optymalnej strukturze i właściwościach dla długotrwałych implantów kostnych i stomatologicznych. Pierwszym głównym problemem jest skład stopu, zwłaszcza obecność dodatków takich jak Al lub V, które są szkodliwe dla organizmu człowieka. Duże zainteresowanie stopami opartymi na nisko toksycznych pierwiastkach (np. Nb, Zr, Ta) jest widoczne w wiodących światowych ośrodkach badawczych i koncernach przemysłowych w USA, Azji i Europie Zachodniej. Mechaniczne niedopasowanie pomiędzy kością ludzką a materiałem, z którego wykonany jest implant, jest drugą poważną wadą tego materiału, co ma wpływ na efekt ochronny przed nadmiernymi naprężeniami i przedwczesne obłuzowanie się implantu.

Głównym celem interdyscyplinarnego projektu jest opracowanie innowacyjnego kompozytu i materiału gradientowego typu metal-metal dla potencjalnego wykorzystania biomedycznego, gdzie fazą wzmacniającą będą cząstki typu rdzeń-otoczka. Celem autorów projektu badawczego będzie znalezienie zależności pomiędzy technologią produkcji, składem chemicznym i strukturą nowego typu biomateriałów. Na podstawie przeglądu literatury można wykazać, że do tej pory nie pojawiło się żadne kompleksowe podejście do wytwarzania wielofunkcyjnych biomateriałów kompozytowych opartych na rdzeniu-otoczce. Założenia projektu przewidują dwa ściśle powiązane ze sobą sposoby rozwoju. Pierwszym z nich będzie produkcja materiałów typu rdzeń-otoczka oparta na tytanie metodą mechanicznego stopowania i charakteryzowanie otrzymanych cząstek. Uzyskane wyniki będą służyły do oceny wpływu parametrów mielenia i charakterystyki materiału wyjściowego na powstawanie cząstek strukturalnych rdzenia-otoczki. W konsekwencji zostaną określone optymalne parametry procesów produkcyjnych, które pozwolą na uzyskanie cząstek rdzeń-otoczka na bazie tytanu. Drugim sposobem rozwoju, ściśle związanym z wcześniejszym, będzie określenie możliwości wytwarzania materiałów kompozytowych i gradientowych przez metalurgię proszków, w której faza wzmacniająca jest cząstkami rdzeń-otoczka, co zapewni specyficzną konstrukcję materiału z trzech obszarów o różnej strukturze, mikrostrukturze i właściwościach mechanicznych w obszarach nano- i mikro. Szczególny nacisk zostanie położony na szeroko pojętą charakterystykę otrzymywanych materiałów. Kompozyty i materiały gradientowe oparte na nisko toksycznych pierwiastkach (np. Zr, Ti, Nb) wzmocnione lekkimi cząsteczkami rdzeń-otoczka, które wykazywały strukturę strefową, o zredukowanym module Younga i zmianach twardości w trzech zakresach, będą prawdopodobnie szeroko wykorzystywane do opracowania nowych materiałów funkcjonalnych i staną się obszarem badań w materiałoznawstwie.

Otrzymany materiał zostanie dokładnie przebadany pod względem struktury, mikrostruktury i właściwości. Badania struktury i składu fazowego będą prowadzone metodą dyfrakcji rentgenowskiej. Analiza danych rentgenowskich zostanie przeprowadzona metodą Rietvelde i Williamsona-Halla. Transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM) metodą JEOL JEM-3010 zostanie wykorzystana do wyznaczenia struktury atomowej i składu fazowego z mikroobszarów wybranych próbek. Morfologia proszków i mikrostruktura próbek po wyżarzaniu będą badane przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego JEOL JSM 6480 (SEM). Pierwsze badania właściwości mechanicznych cząstek strukturalnych rdzenia i spiekanych próbek zostaną przeprowadzone przy użyciu urządzenia do badań mikromechanicznych MCT³ (*micro combi tester*) oraz urządzenia do badań w obszarach nano - Hysitron Triboindentor Ti950, które pozwolą na analizę morfologii próbki, twardości i modułu sprężystości z mikro i nanoobszarach. Zdefiniowana zostaną również aspekty biologiczne i elektrochemiczne materiałów w symulowanych roztworach fizjologicznych (np. roztwór Tyrode'a, roztwór Ringera, sztuczna ślina). Przedstawione zostaną również badania wpływu wzmocnienia cząstek, parametry procesu produkcji kompozytów i materiałów gradientowych na ich bioaktywność oraz zdolność do tworzenia biofilmu.

Wyniki zostaną zaprezentowane w formie ustnej lub plakatów na konferencjach międzynarodowych i opublikowane w czasopiśmie recenzowanym o zasięgu międzynarodowym. Interdyscyplinarny charakter projektu wskazuje na utworzenie grupy naukowej, która będzie pracować na wszystkich poziomach analizy materiałowej dla uzyskania pełnego i zaawansowanego stanu wiedzy z tego zakresu.