

Stopy NiTi o składzie zbliżonym do równoatomowego wykazują bardzo interesujące właściwości - pamięć kształtu i nadsprężystość oraz dobre właściwości mechaniczne i korozyjne. Cechy te sprawiły, że materiały te znalazły zastosowanie do wyrobu narzędzi chirurgicznych i implantów medycznych. Specyficzne właściwości mechaniczne stopów NiTi sprawiają, że lepiej niż inne biomateriały metaliczne nadają się do zespołów kostnych [1].

Wysoka zawartość niklu w stopie i możliwość uwalniania jego jonów w środowisku płynów ustrojowych wciąż jednak wywołuje wątpliwości przed zastosowaniem stopów NiTi jako długoterminowych implantów [2], stąd też zasadnym wydaje się zapewnienie lepszej odporności korozyjnej, co uzyskuje się poprzez modyfikację powierzchni wyjściowej biozgodnymi warstwami polimerowymi, ceramicznymi bądź kompozytowymi [3]. Powłoki stanowią barierę dla potencjalnie uwalnianych jonów niklu i poza podstawową funkcją ochronną mogą również spełniać dodatkowe zadania. Tak np. warstwy oparte o fosforany wapnia (CaP) takie jak np. hydroksyapatyt (HAp) ułatwiają połączenie metalicznego implantu z kością [4]. Podczas wszczepiania implantu do organizmu mogą zostać wprowadzone drobnoustroje powodujące w późniejszym okresie rozwój stanu zapalnego, dlatego koniecznym jest, aby implant był odporny na rozwój mikroorganizmów. Matryca krzemionkowa umożliwia wbudowanie jonów metali w niskich stężeniach i ich stopniowe uwalnianie do środowiska, co zapewnia długotrwały efekt antybakteryjny [5]. Największy jednak potencjał dla zastosowań medycznych wykazują materiały kompozytowe.

Struktura, skład i właściwości warstwy powierzchniowej implantów, mające kluczowe znaczenie w procesie osteointegracji, mogą być modyfikowane przez zastosowanie różnych technik inżynierii powierzchni. Większość z nich wymaga jednak zastosowania podwyższonej temperatury, co w przypadku stopów NiTi może doprowadzić do ich rozkładu i tym samym negatywnie wpłynąć na zjawisko pamięci kształtu [1]. Również zbyt grube i/lub sztywne powłoki mogą ograniczyć lub całkowicie zablokować efekt pamięci kształtu, dlatego bardzo ważne jest opracowanie metody, która umożliwi kontrolę grubości wytwarzanych powłok. Przy doborze techniki modyfikacji powierzchni należy wziąć również pod uwagę aspekty ekonomiczne związane z zakupem oraz użytkowaniem aparatury. Z powyższych względów atrakcyjna wydaje się być metoda elektroforetycznego osadzania (EPD), która stanowi interesującą alternatywę dla wielu innych metod wytwarzania cienkich powłok [6].

W ramach niniejszego projektu, w celu poprawy biokompatybilności stopu NiTi, na jego powierzchni zostaną utworzone wielofunkcyjne biozgodne warstwy kompozytowe składające się z tlenków tytanu, hydroksyapatytu oraz układu krzemionka-srebro w rozmiarze nanometrycznym. W pierwszej kolejności w celu poprawy odporności korozyjnej powierzchnia stopu NiTi zostanie pokryta filmem TiO_2 utworzonym poprzez pasywację w autoklawie parowym, następnie, na spasywowanej powierzchni metodą elektroforezy (EPD) zostaną utworzone powłoki kompozytowe składające się z HAp oraz $nSiO_2 / Ag$. Takie połączenie spowoduje, że utworzone powłoki będą sprzyjać osteointegracji i zarazem będą wykazywać właściwości antybakteryjne.

Otrzymane warstwy zostaną kompleksowo scharakteryzowane w badaniach podstawowych pod kątem struktury (XRD, spektroskopia Ramana), morfologii i topografii (SEM, AFM, badania profilografometryczne). Przeprowadzone zostaną także badania pozwalające określić wpływ metod wytwarzania na przebieg przemiany martenzytycznej (DSC), odporność utworzonych warstw na pękanie związane z indukowaniem efektu pamięci kształtu oraz ich adhezję do metalicznego podłoża. Badania będą miały również na celu określenie zwilżalności powierzchni utworzonych powłok, która ma istotny wpływ na absorpcję molekuł sprzyjających adhezji bakterii lub fibroblastów na powierzchni implantu. Oceniona zostanie także skłonność do możliwych procesów korozyjnych w środowisku symulowanych płynów ustrojowych (OCP, charakterystyka potencjodynamiczną). Przeprowadzone zostaną również badania bioaktywności utworzonych powłok w środowisku symulowanych płynów ustrojowych. W kolejnym etapie zostanie określone oddziaływanie warstw na komórki ludzkich fibroblastów i mikroorganizmy. Na podstawie przeprowadzonych badań zostaną dobrane optymalne warunki wytwarzania jednorodnych biozgodnych wielofunkcyjnych warstw nie powodujących blokowania unikatowego efektu pamięci kształtu. Zostaną wyselekcjonowane warstwy posiadające najlepsze właściwości antybakteryjne i zarazem sprzyjające proliferacji pożądanych komórek.

[1] H. Morawiec, Z. Lekston: Implanty medyczne z pamięcią kształtu. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice (2010).

[2] S. Shabalovskaya, J. Anderegg, J. Van Humbeeck, Acta Biomaterialia 4 (2008) 447–467.

[3] J. Lełątko, T. Goryczka: Modyfikacja powierzchni stopów NiTi wykazujących pamięć kształtu. Oficyna Wydawnicza WW, Katowice (2013).

[4] S. V. Dorozhkin, Materials 2 (2009) 399-498.

[5] K. Chaloupka, Y. Malam, A. M. Seifalian, Trends in Biotechnology 28 (11) (2010) 580–588.

[6] I. Zhitomirsky, Advances in Colloid and Interface Science 97 (2002) 279-317.