

Powłoki na bazie polimerów naturalnych na stopie Ti15Mo do zastosowań medycznych

Ciągły postęp w dziedzinie implantologii nieodzownie związany jest ze wzrostem zapotrzebowania na nowe materiały oraz rozwojem technologii inżynierii powierzchni. Dotychczas nie zostały opracowane materiały niemetalowe spełniające wymagane kryteria technologiczne i wytrzymałościowe, dlatego też w dalszym ciągu implanty w całości lub w części wykonywane są ze stopów metali. Prowadzone w pracy doktorskiej badania koncentrują się na inżynierii powierzchni biomateriałów metalicznych należących do najnowszej generacji bezniklowych stopów tytanu. Mając na uwadze wciąż rosnącą ilość zabiegów implantacyjnych oraz liczne doniesienia literaturowe na temat wpływu warstwy wierzchniej biomateriałów metalicznych na integrację z tkankami, w niniejszej pracy doktorskiej podjęto próbę funkcjonalizacji powierzchni stopu tytanu Ti15Mo na drodze pasywacji oraz elektroforetycznego osadzania powłok z polimerów naturalnych jak alginian, hialuronian oraz chitozan.

W pierwszej części pracy określone zostały właściwości fizyko-chemiczne oraz odporność korozyjna stopu Ti15Mo w stanie wyjściowym. Przeprowadzone badania elektrochemiczne wskazały na doskonałą odporność korozyjną innowacyjnego stopu Ti15Mo w warunkach imitujących środowisko ludzkiego ciała zarówno w badaniach długo- jak i krótkoterminowych, a uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują na możliwość stosowania stopu Ti15Mo na implanty krótko- oraz długoterminowe. Ponadto analiza wyników EIS ujawniła dwuwarstwowy charakter budowy formującego się pod wpływem warunków środowiska ludzkiego ciała, tlenku składającego się ze zwartej, wewnętrznej warstwy barierowej i zewnętrznej porowatej. Określony został także wpływ rodzaju pasywacji powierzchni stopu Ti15Mo na jego odporność korozyjną w środowisku symulowanych płynów ustrojowych. Modyfikacja powierzchni stopu Ti15Mo na drodze różnych metod pasywacji zwiększa jego odporność korozyjną i pozwala uzyskać grubszą warstwę tlenkową.

W drugiej części pracy w celu poprawienia biozgodności oraz bioaktywności otrzymywanych biomateriałów, za pomocą elektroforetycznego osadzania nanoszono powłoki z polimerów naturalnych, takich jak chitozan, hialuronian oraz alginian. W trakcie badań opracowano metodę elektroforetycznego osadzania pozwalającą na wydajniejsze otrzymywanie powłok z polimerów anionowych poprzez zastosowanie międzywarstwy ZnO. Metoda ta została opublikowana i stanowi podstawę zgłoszenia patentowego nr P.407556. „Sposób osadzania bioaktywnej powłoki z anionowego polimeru naturalnego w postaci alginianu lub hialuronianu na elemencie wykonanym ze stopu tytanu”. Podjęte zostały

również próby kataforetycznego współosadzenia nanoproszku tlenku cynku z hialuronianem oraz chitozanem.

W trakcie badań określono kinetykę procesu elektroforetycznego osadzania biopolimerowych powłok na stopie Ti15Mo oraz wpływ warunków procesu takich jak czas, napięcie oraz skład i stężenie kąpieli do osadzania na wydajność procesu oraz grubość i morfologię uzyskanych powłok. Otrzymane biomateriały poddano serii badań strukturalnych, fizykochemicznych, elektrochemicznych, biologicznych oraz mikromechanicznych mających umożliwić charakterystykę zmodyfikowanej powierzchni metalicznego materiału implantacyjnego. Odporność korozyjną otrzymanych powłok badano klasycznymi metodami elektrochemicznymi, a także innowacyjną metodą elektrochemicznej spektroskopii impedancji, która pozwoliła określić zachowanie korozyjne oraz stopień absorpcji wody w otrzymanych powłokach polimerowych. Przy współpracy z Fundacją Kardiochirurgii w Zabrze oceniono biogodność otrzymywanych biomateriałów. Ocena odporności korozyjnej *in vitro* stopu Ti15Mo z naniesionymi powłokami biopolimerowymi wykazała jej poprawę w wyniku zastosowania powłok alginowych oraz hialuronianowych. Badania impedancyjne powłok polimerowych wykazały stopniowe obniżanie ich odporności korozyjnej w miarę wydłużania czasu zanurzenia w roztworze soli fizjologicznej w wyniku absorpcji wody prowadzącej do zwiększenia powierzchni kontaktu podłoża z elektrolitem. Ocena zgodności biologicznej *in vitro* osadzonych powłok wykazała, że w przypadku powłok hialuronianowych oraz alginowych nie obserwuje się zjawiska hemolizy oraz ich toksycznego wpływu na fibroblasty. Jednakże badania cytotoxyczności ujawniły negatywny wpływ powłok chitozanowych na hodowle fibroblastów.

Opracowana technologia modyfikacji powierzchni implantacyjnego stopu Ti15Mo znajduje się obecnie na IV poziomie gotowości technologii TRL i zachęca do prowadzenia dalszych badań.