

Implanturi medicale biocompatibile elaborate din aliaje superelastice nitrurate pe baza de titan

Faza 1

REZUMAT

Utilizarea largă a aliajelor pe bază de titan (Ti) în domeniul implantologiei se datorește în primul rând rezistenței crescute la coroziune și nivelului superior de biocompatibilitate. Totuși, nu toate aliajele de Ti îndeplinesc cerințele pentru aplicații biomedicale. Acest lucru a impulsat dezvoltarea unui nou grup de aliaje de Ti ca de exemplu aliaje pe bază de Ti-Nb și Ti-Zr care au fost recent introduse pe piață pentru a depăși toxicitatea asociată cu aliaje pe bază de Ti-V/ Al. În plus, deoarece suprafața biomaterialului îndeplinește un rol esențial în răspunsul celular, îmbunătățirea proprietăților biologice și tribologice prin modificarea de suprafață este adesea necesară. În această etapă s-a realizat nitrurarea unui aliaj superelastic de tip beta din sistemul Ti-Nb-Ta-Zr de către partenerul de la INSA Rennes. Originalitatea protocolului este că tratamentul de nitrurare se efectuează simultan cu procesul de recristalizare observându-se formarea unui strat de nitrură pe suprafața aliajului de aproximativ cațiva zeci de micrometri grosime. Acest procedeu de nitrurare internă oferă avantajul de a menține o coeziune excelentă a acoperirii de nitrură pe substrat, care să evite problemele exfolierii și fragilității care sunt, de obicei, cunoscute când acoperiri ceramice dure sunt depuse pe substraturi metalice.

Evaluarea filmului pasiv și a rezistenței la biocoroziune a aliajului din sistemul Ti-Nb-Ta-Zr neprocesat și procesat prin nitrurare s-a realizat folosind următoarele metode: polarizarea ciclică potențiodinamică, polarizarea lineară, spectroscopia electrochimică de impedanță – EIS. Curbele ciclice potențiodinamice au evidențiat o comportare pasivă atât pentru Ti, aliajul netratat cât și pentru aliajul procesat prin nitrurare. S-a remarcat comportarea mai nobilă a aliajului procesat față de aliajul neprocesat și față de Ti. Toți parametrii electrochimici pentru aliajul nitrurat au prezentat valori mai favorabile, comparativ cu Ti și aliajul neprocesat, ceea ce înseamnă că procesarea prin nitrurare a îmbunătățit considerabil rezistența filmului pasiv de pe suprafața aliajului nitrurat. Densitățile curenților de coroziune, i_{corr} ale vitezelor de coroziune, V_{corr} și eliberarea de ioni pentru aliajul procesat prin nitrurare au fost de circa 10 ori mai mici decât pentru Ti și de circa 2 ori mai mici decât pentru aliajul neprocesat datorită faptului că stratul de nitrură acționează ca o barieră împotriva transportului ionilor prin el, reducând foarte mult toxicitatea aliajului procesat. Rezultatele de impedanță au arătat caracterul dual al aliajului nitrurat: rezistența la biocoroziune datorită stratului intern de oxid și bioactivitate datorită stratului exterior depus. S-au elaborat circuite electrice echivalente atât pentru aliajul neprocesat cât și pentru cel nitrurat.

Caracterizarea chimică a aliajului s-a realizat prin SEM, EDX și FT-IR.

Scopul studiilor biologice întreprinse a fost de a evalua biocompatibilitatea aliajelor studiate și răspunsul osteoblastelor la suprafața neprocesată și cea nitrurată a aliajului din sistemul Ti-Nb-Ta-Zr. Un prim obiectiv a constat în realizarea studiilor de citotoxicitate prin contact indirect conform normelor ISO 10993-5: 2009/ (R)2014 pentru evaluarea biologică a dispozitivelor medicale. Celulele Vero incubate în mediul de extracție al aliajelor analizate nu au suferit modificări morfologice, au prezentat un nivel scăzut al LDH eliberate în mediul de cultură și o rată proliferativă similară controlului negativ. Studiile prin contact direct cu osteoblaste umane în termeni de adeziune și morfologie celulară (dubla marcarea a kinazei adeziunilor focale și a filamentelor de actină), viabilitate (testul de marcarea cu calceină AM-bromură de etidiu) și proliferare celulară (testul MTT) au demonstrat că aliajul superelastic pe bază de beta titan din sistemul Ti-Nb-Ta-Zr nitrurat susține adeziunea, supraviețuirea și proliferarea celulară la un nivel aproximativ similar aliajului netratat. Aceste rezultate împreună cu comportamentul nobil din studiile de coroziune recomandă aliajul nitrurat ca un bun candidat pentru implanturile osoase.