

REZUMATUL

Tezei de abilitare: "Toward New Frontiers for Composite Materials"

Candidat: conf.dr.ing. Mircea Nicoară

Domeniul fundamental: STIINTE INGINERESTI

Domeniul de studii universitare: INGINERIA MATERIALELOR

Comisia CNATDCU [nr/denumire]: 7.INGINERIA MATERIALELOR

Prezenta teză de abilitare reprezintă sinteza activităților de cercetare și academice în domeniul științei și ingineriei materialelor desfășurate în perioada 1999-2016, după susținerea publică în 12 martie 1999 a tezei de doctorat cu titlul "*Contribuții la studiul compozitelor metalice armate cu particule ceramice privind producerea și modificarea structurii și proprietăților prin prelucrare mecano-termică*"

Contribuțiile științifice prezentate urmăresc cele mai recente evoluții de la clasicul concept de material compozit cu matrice metalică ușoară (Al, Ti etc.) armat discontinuu cu particule ceramice de dimensiuni microscopice, produse prin procedee convenționale de turnare sau de metalurgia pulberilor, către noi frontiere științifice.

În acest spirit, *Capitolul I* al tezei sintetizează contribuțiile științifice aduse la dezvoltarea compozitelor pe bază de Ti, având matrice amorfă și faze secundare de tip cristalin, pentru aplicații biomedicale. Două mari direcții de cercetare s-au concretizat până acum în acest domeniu. Prima dintre ele este reprezentată prin dezvoltarea unui nou aliaj de titan, având structură compozită amorf/cristalin, obținut prin înlocuirea adaosurilor de Ni, notoriu pentru efectele dăunătoare asupra organismului uman, cu mici adaosuri de Ga. Noul aliaj $Ti_{41.5}Zr_{2.5}Hf_5Cu_{37.5}Ga_{7.5}Si_1Sn_5$ produs sub formă de sârme cu diametru de 2 și 3 mm, fabricat prin *suction casting*, are o structură foarte complexă de compozit amorf/cristalin, matricea amorfă înglobând mai multe faze cristaline, mergând de la dendrite de dimensiuni relativ mari la nano-cristale foarte fine, de aproximativ 10 nm. Cea de a doua direcție de cercetare urmărită o reprezintă dezvoltarea unor compozite pe bază de Ti pentru aplicații de tipul implanturilor ortopedice, fără conținut de Cu, având în vedere efectele citotoxice bine documentate ale acestui element, care a fost înlocuit cu Ag. Aliajul nou proiectat $Ti_{42}Zr_{10}Pd_{14}Ag_{26}Sn_8$, produs prin răcirea ultra-rapidă a topiturii, prezintă o structură microcristalină complexă, având matrice reziduală amorfă. Noul aliaj are câteva caracteristici promițătoare pentru utilizarea ca biomaterial, având în vedere efectul bactericid al Ag metalic și caracterul compozit amorf-cristalin, cu potențial pentru proprietăți mecanice superioare, inclusiv o ductilitate ameliorată față de sticlele metalice masive.

Capitolul al II-lea prezintă contribuțiile științifice din care a rezultat dezvoltarea unor noi materiale poroase, considerate de unele personalități din domeniu ca fiind de asemenea materiale compozite. Un nou biomaterial cu bază de Ti a fost produs folosindu-se un proces avansat, care combină producerea de benzi amorfe prin *melt-spinning* cu procesarea prin metalurgia pulberilor. Aliajul rezultat $Ti_{42}Zr_{40}Ta_3Si_{15}$ are proprietăți remarcabile, ca de exemplu porozitate de 14 vol%, rigiditatea aproximativ 52 GPa, apropiată de modul Young al osului cortical, care este între 4 și 30 GPa, rezistența la compresiune de peste 337 GPa și o bună biocompatibilitate în lichid corporal simulat. După știința noastră, acesta este primul aliaj biocompatibil amorf masiv având proprietăți mecanice apropiate osului uman, fapt subliniat de revizorii *Acta Biomaterialia*, în care s-au publicat rezultatele.

Noile frontiere tehnologice în fabricarea compozitelor pe bază de Al, ranforsate cu particule ceramice sunt sintetizate în *Capitolul al III-lea*. Cercetările în domeniu s-au concentrat mai ales pe compozitele hibride pe bază de Al produse printr-o metodă tehnologică inovativă. Noile compozite au două tipuri de ranforsanți, primul dintre ele este format de alumina introdusă prin înglobare, folosindu-se procedee clasice de metalurgia pulberilor, iar cea de a doua fracțiune de alumina este produsă prin metode *in-situ*, în particular tratamente de sinterizare reactivă.

Cel de al *IV-lea Capitol* ilustrează prin exemple aplicarea procesării computerizate a imaginilor pentru analiza distribuției de particule la unele compozite cu matrice de Al având ranforsare discontinuă. Această tehnică avansată de investigație permite interpretarea obiectivă a imaginilor microstructurale obținute prin microscopie optică sau electronică, precum și aplicarea metodelor statistice la caracterizarea și optimizarea distribuției de particule, care este responsabilă pentru unele proprietăți critice ale compozitelor, în special ductilitatea și tenacitatea. Analiza a fost realizată pentru a evalua transformările morfologice într-un compozit cu matrice de Al ranforsat cu particule de SiC, produs prin metalurgia pulberilor, pe parcursul procesării secundare prin deformare plastică de grad ridicat.

Producerea materialelor experimentale pentru cercetările prezentate în această teză a fost realizată prin utilizarea unor metode de procesare avansată sau inovativă, ca de exemplu topirea cu arc, turnarea prin presiune sau depresiune, *melt spinning*, precum și tehnici din metalurgia pulberilor, de tip *cryo-milling*, *presare la cald* și *sinterizare reactivă*. La caracterizarea materialelor s-au folosit metode avansate de investigație ca de exemplu analiză calorimetrică diferențială (*DSC*), difracție cu raze X (*XRD*), atât de tip convențional cât și cu radiație sincrotron, microscopie electronică cu baleiaj (*SEM*), microscopie electronică prin transmisie de înaltă rezoluție (*HR-TEM*). Pachete software speciale s-au folosit pentru procesare computerizată a imaginilor microstructurale (microscopie optică, *SEM*), procesarea curbelor *DSC* și a spectrelor *XRD*, proiectarea aliajelor, încercări mecanice, statistică, reprezentare grafică etc.

Rezultatele științifice din domeniul științei și ingineriei materialelor au fost publicate în reviste de prestigiu precum *Intermetallics*, *Acta Biomaterialia*, *Acta Materialia*, *Materials*, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, *Metall*, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* sau au fost incluse în volumele unor conferințe internaționale.

Direcțiile de cercetare ilustrate în prezenta teză sunt prevăzute a fi continuate în contextul evoluției viitoare a carierei, în dezvoltarea unor noi compozite cu bază de Ti pentru aplicații biomedicale, care trebuie caracterizate în mod comprehensiv, din punctul de vedere al biocompatibilității și a unor proprietăți mecanice corespunzătoare. O atenție specială va fi acordată compozitelor pe bază de Al, pentru aplicații structurale care presupun proprietăți mecanice superioare asociate unei greutate specifice reduse. Colaborarea cu firmele industriale prin contacte de cercetare aplicativă va fi de asemenea continuată.

Dr. ing. Mircea Nicoară

Timișoara, 19 iulie 2016